Mus. th. 7354

Udført / 18

J. H. Lamberts Abhandlung über einige akuſtiſche Inſtrumente.

Aus dem Franzöſiſchen überſetzt
nebſt
Zuſätzen
über das ſo genannte
Horn Alexanders des Großen,
über Erfahrungen
mit
einem elliptiſchen Sprachrohre
und
über die Anwendung
der Sprachröhre zur Telegraphie.

Von
Gottfried Huth,
Doctor der Weltweisheit und öffentlichem ordentlichem Lehrer der Mathematik und Phyſik auf der Univerſität zu Frankfurt an der Oder, Mitgliede einiger gelehrten Geſellſchaften.

Mit zwei Kupfertafeln.

DET KONGELIGE
ARTILLERIECORPS'S
BIBLIOTHEK

Berlin 1796.
In der Königlichen Realſchul-Buchhandlung.

B S B
MÜNCHEN

28/05/3252 4,2

Vorrede.

Die akuſtiſchen Inſtrumente haben keinen minder edeln Zweck, als die optiſchen; dieſe dienen, unſere Erkenntniß der Sinnen-Welt zu erweitern; jene, unſere Empfindungen, Kenntniſſe und Gedanken leichter und ausgebreiteter mitzutheilen; beide helfen der natürlichen Unvollkommenheit der beiden vorzüglichſten Sinne, welche wir beſitzen, ab, und werden dem Philoſophen dadurch äußerſt wichtig, daß ſie die Wirkſamkeit der Denkkraft im menſchlichen Geſchlechte ein ausgedehnteres Feld verſchaffen. Darf man alſo Bedenken tragen, ſie als ſehr brauchbare Hülfs-Mittel in der fortſchreitenden Cultur des Menſchen anzuſehen? Dem gemeinen Schlage nicht

denkender Vorgeſetzten der Denker, deren Pflicht es von Amtswegen wäre, eine ſolche Cultur zu befördern, fällt freilich ein ſolcher Gedanke nicht ein. Aber wie mag es kommen, daß auch denkende Geſchäfts-Verwalter des gelehrten Weſens ihn ſo wenig beherzigen? Daß dieſes nicht geſchiehet, beweiſet die Erfahrung: denn wie würde ſonſt der wahre Philoſoph das niederſchlagende Phänomen zu beobachten haben, daß man in Staaten, welche ſich mit ihrer Cultur brüſten, und wo eine Menge Aufſeher über dürftige Diener der Cultur mit nicht unbeträchtlichen Summen beſoldet werden, ſo wenig Aufmunterung und Unterſtützung zu der Vervollkommnung und dem Gebrauche jener vortrefflichen Inſtrumente findet? Oder läſſet ſich an dieſen Inſtrumenten nichts weiter vervollkommnen? Iſt der Gebrauch, der ſich von ihnen machen läſſet, bereits vollſtändig gemacht?

Welcher Kenner dieſer Inſtrumente und der Wiſſenſchaften überhaupt kann dieſes beja-hen? welcher Denker es behaupten?

Doch hat in dieſer Rückſicht die opti-ſchen Wiſſenſchaften ein glücklicheres Loos getroffen, als die akuſtiſchen. Mit jenen hat man ſich bisher mehr beſchäftiget, im Ernſt und zum Spiel, das gilt hier gleich — denn nur Pedanten können glauben, daß Spielen nichts, ſondern gravitätiſcher Ernſt allein Alles, zur Bildung des Menſchen beitragen könne —; auf ihre Verbeſſerung hat man bisher mehr Fleiß und Unkoſten ver-wendet; doch iſt noch viel zu thun übrig. Auch die akuſtiſchen Inſtrumente hat man zwar nicht ganz vernachläſſiget; man hat deren neue erfunden und auf ihre Voll-kommenheit gedacht; aber dennoch iſt es ausgemacht, daß man auf dieſen Theil der techniſchen Phyſik lange nicht die Aufmerk-

ſamkeit und den Eifer angewendet hat, welche er wohl verdient hätte.

Da ich dieſes erkannte, entſtand in mir der Wunſch, daß ich nicht zu ſchwach ſeyn möchte, eine ſolche Aufmerkſamkeit und einen ſolchen Eifer für die akuſtiſchen Inſtrumente unter meinen Zeitgenoſſen wieder zu beleben. Insbeſondere ſchien mir das Sprach-Rohr, ein Werkzeug, das ganz eigentlich auf die zu erweiternde Mittheilung der Gedanken abzweckt, es wohl zu verdienen, daß man es dem Nachdenken der Phyſiker wiederum näher legte. Da ich nun glaubte, daß hiezu neue Vorſchläge, neue Verſuche und Kenntniß einer gründlichen Theorie über die Wirkungs-Weiſe des Sprachrohres vorzüglich mitwirken können, ſo entſtand in mir der Vorſatz, welchen ich hier ausführe: Ich übergebe nämlich hier meinen Deutſchen Mitarbeitern in der Phyſik eine Ueberſetzung von

Lamberts Abhandlung ſur quelques inſtrumens acouſtiques, welche ſich in der hiſtoire de l'academie royale des ſciences et belles lettres de Berlin für das Jahr 1763 eingerückt befindet, welche in allen phyſikaliſchen Lehrbüchern citiret wird, und welche nun von Liebhabern der Phyſik, welche des Franzöſiſchen nicht recht kundig ſind, oder die Schriften der Berliniſchen Academie nicht ohne viel Mühe und Umſtände gebrauchen können, benutzet und ſtudiert werden kann. Dieſer mit Scharfſinne und Gründlichkeit abgefaßten Abhandlung füge ich dann noch drei Zuſätze bei, in welchen, wie man ſehen wird, ich einen in die Geſchichte des Sprachrohres eingeſchlichenen Irrthum zu heben bemühet bin, einige von mir angeſtellte Verſuche mit Sprachröhren erzähle, und eine Frage unterſuche, zu welcher die Wirkſamkeit des Sprachrohres und unſer in die Telegraphie verliebtes

Zeitalter die Veranlaſſung geben. Irre ich nicht, ſo darf ich bei der Erörterung dieſer ſonſt, ſo viel mir bekannt worden, noch nirgends behandelten Frage doch wohl keine ganz ungegründeten Anſprüche auf die Ehre einer Erfindung machen. Doch, ich beſcheide mich, daß dieſes von dem Urtheile ſolcher Gelehrten abhänget, welche mehr Kenntniß und Scharfſinn, als ich, haben. Es wird mir Freude verurſachen, wenn mir ein ſolches Urtheil günſtig iſt; und zur Belehrung gereichen, wenn ſolche Kritiker das Mangelhafte meiner Gedanken und Vorſchläge ihrer Beleuchtung nicht unwürdig finden. Frankfurt an der Oder, im May 1795.

Gottfried Huth.

Ueber einige akuſtiſche Inſtrumente

von

Lambert.

§. 1.

Vor hundert Jahren machte der Ritter Morland die Idee, die er ſich von demjenigen akuſtiſchen Inſtrumente, das man Sprach = Rohr nennet, entworfen hatte, bekannt, und führte ſie aus. Das Neue in dieſer Idee beſtand nicht in der Verbreitung des Schalles auf eine beträchtliche Entfernung mittelſt eines ſolchen Inſtruments. Die Trompeten, die Jagdhörner, und andere ähnliche Inſtrumente, die ſchon in ſehr alten Zeiten erfunden worden, hatten die Möglichkeit davon längſt bewieſen. Aber es fragte ſich, ob artikulirte Töne, Silben, Wörter durch irgend ein ähnliches Inſtrument nicht allein verſtanden, ſondern auch auf eine ſo große Entfernung verſtanden werden könnten. Dieſes nun

verſuchte der Ritter Morland in dem Jahre 1670; und der Erfolg entſprach ſeiner Erwartung. Dieſe Erſindung ward in kurzer Zeit ſo bekannt, daß man binnen nicht völlig einem Jahre in allen cultivirten Ländern Sprachröhre ſahe; und insbeſondere bedienten ſich die Schiffer derſelben ſehr bald auf dem Meere. Der Ritter Morland gab eine Beſchreibung von den verſchiedenen Arten der Sprachröhre, die er hatte verfertigen laſſen, heraus; und dieſe verbreitete ſich eben ſo geſchwind als das Inſtrument. Man ſiehet aus derſelben, daß ſeine Sprachröhre eine Art hinreichend vergrößerter Trompeten waren. Am Ende dieſer Beſchreibung fordert der Ritter Morland die Geometer und Phyſiker auf, zu dieſem Inſtrumente die zweckmäßigſte Geſtalt zu beſtimmen, und überhaupt es zu der Vollkommenheit, deren es fähig iſt, zu befördern. *)

§. 2.

Der Erſte, der in dem Jahre 1672 darüber nachgedacht zu haben vorgab, war ein Mechanikus, Namens Caſſegrain, durch ſeine optiſchen

*) An account of a ſpeaking trumpet, as it hath been contrived by Sam. Morland. London 1671; und im Auszuge in den Philoſophical Transact. Num. 79, p. 3056.

Inſtrumente inſonderheit bekannt. Dieſer gab ſeinen Sprachröhren eine hyperboliſche Form, und behauptete, es dadurch weiter als der Ritter Morland gebracht zu haben; indem ein Sprachrohr von ſeiner Form, das nur fünf Fuß lang wäre, die Stimme eben ſo weit als ein Morlandiſches, das ſieben Fuß lang wäre, fortpflanzete. *) In Deutſchland ahmte der Profeſſor Sturm zu Altorf Caſſegrain's Verſuche nach, indem er ſeinen Sprachröhren dieſelben Dimenſionen gab; indeſſen ſtellete er auch Verſuche mit Sprachröhren, die eine mehr, oder weniger, gewundene Figur hatten, an. **)

§. 3.

So blieb es nun bis 1719, da der Profeſſor Haſe zu Wittenberg eine Diſſertation herausgab, in der er ſich bemühete, dieſe Inſtrumente mit beſſerm Erfolge zu vervollkommnen. ***) Zufolge ſeit langer Zeit bekannter katoptriſcher Lehrſätze machte er die Bemerkung, daß, den Sprachröh-

*) Man ſehe das Journal des Savans. ed. de Hollande. Tom. 3. p. 131.

**) Sturms Collegium curioſum. Norimbergae 1701. Pars 2. p. 142, u. f.

***) Diſſertatio de tubis ſtentoreis. Lipſ. 1719.

ren die Geſtalt der Hyperbel zwiſchen der Aſymptote zu geben, wie Caſſegrain verlangt hatte, ſehr gefehlt ſei, und daß die elliptiſche und paraboliſche Figuren ſich unendlich beſſer dazu ſchicken. Da die beiden Arten von Sprachröhren, die er dieſen Lehrſätzen zufolge vorſchlug, faſt in allen phyſikaliſchen Lehrbüchern abgebildet und beſchrieben ſind, ſo will ich mich hier nicht mit ihrer Beſchreibung aufhalten. Uebrigens kann man ſich dieſelben auch leicht vorſtellen, wenn man nur an die Wirkungen paraboliſcher und elliptiſcher Spiegel denket. Denn Herr Haſe ſtellet ſich die Sprachröhre als eine Art von Spiegeln vor, die den Schall zurückwerfen. Und ſo wäre Alles, was man zu thun hätte, dieſes, daß man die Theorie gedachter Spiegel auf die Sprachröhre anwendete.

§. 4.

So liefert uns gewiſſermaßen die Geſchichte der Sprachröhre ein Phänomen in der intellectualiſchen Welt. Es hätten dieſe Inſtrumente ſchon ſo lange, als man Trompeten und andere dergleichen Inſtrumente hat, d. i. ſeit undenklichen Zeiten, erfunden ſein können. Man brauchte dazu bloß auf den Gedanken zu kommen, zu verſuchen, was erfolgen würde, wenn man durch

eine hinreichend vergrößerte Trompete ſpräche. Dieſer Gedanke, wie eine Menge anderer, war dem vorigen Jahrhunderte aufbehalten, einem Jahrhunderte voll Eifer zu neuen Verſuchen, deſſen Feuer nachher immer mehr angefachet worden. Die Idee des Herrn Haſe hätte ſchon ſehr viel früher gefaſſt werden können, weil die paraboliſchen und elliptiſchen Spiegel ſchon lange vorher bekannt waren. Wenn es irgendwo auf krumme Linien ankam, dachte man oft mehr denn zu ſchnell an die Kegelſchnitte, und ſo hätte ſchon der Ritter Morland darauf fallen können. Caſſegrain bediente ſich der Hyperbel, ohne es zu wiſſen. Sturm bemerkte dieſes, blieb aber dabei.

§. 5.

Auch Herr Haſe blieb bei dem, was er von den Spiegeln wuſſte. Und, wenn gleich die Anwendung, die er davon auf die Sprachröhre machte, ſehr ſinnreich und unter Allem, was man bisher darüber gedacht hatte, das beſte war, ſo war dieſes doch bei weiten noch nicht Alles, was man wünſchen konnte. Denn, außer daß paraboliſche und elliptiſche Figuren in der Ausführung Schwierigkeiten haben, ſind Spiegel von ſolcher Form nicht ſo frei von allen Fehlern, als man

gemeiniglich glaubt. Daß ein paraboliſcher Spiegel alle auf ihn fallende Strahlen in ſeinem Brennpunkte vereinigt, iſt in aller Strenge nur von denen Strahlen wahr, die parallel mit des Spiegels Axe auffallen. Für alle andere Strahlen leidet dieſe Regel Abweichungen, die um ſo beträchtlicher ſind, je ſchiefer die Strahlen auffallen und je ſtärker der Spiegel gekrümmt iſt. Mit den Tönen verhält es ſich gerade eben ſo: dieſe gehen in den Sprachröhren, wenn ſie auch ſo paraboliſch als möglich ſind, doch nicht von einem einzigen Punkte aus, und werden in denſelben unter allerhand Winkeln zurückgeworfen, ſo daß die Fortpflanzung bei weiten nicht in einer gänzlich mit der Axe parallelen Richtung geſchiehet. Der Schall kann ferner in den Sprachröhren, wie in andern muſikaliſchen Inſtrumenten verſtärket werden, und dadurch entſtehen Reflexionen, die mit den Reflexionen des Lichtes ganz und gar nichts gemein haben. So ſcheinet Herr Haſe, ſo gut auch ſeine Erfindung ſein könnte, die wahre Theorie der Sprachröhre eben ſo weit hinter ſich gelaſſen zu haben, als er ſie in dem Jahre 1719, da er ſeine Diſſertation herausgab, gefunden hatte. Ich weiß nicht, daß dieſe Materie ſeitdem wieder ſei vorgenommen worden. Neuere Schriftſteller, die ich nachge-

ſchlagen habe, reden davon als von einer ſehr verwickelten und ſehr ſchweren Sache. In der That, wird man finden, haben ſie Recht, wenn man nur ein wenig aufmerkſam auf die unendliche Menge von Reflexionen iſt, die der Schall in dieſen Inſtrumenten leidet, und die alle mit in Rechnung gezogen werden müſſen. Dieſe unendliche Menge erregt Staunen und eine Art von augenblicklichem Schwindel, als ſähe man einen Abgrund vor ſich. Daher kömmt es, daß man ſich nicht daran wagt, nicht anders, als ließe man ſeinen Vorſatz aus den Händen fallen. Aber wenn nun, bei Lichte beſehen, dieſer Abgrund bloß in der Einbildung Statt fände? Wenigſtens wird man wohl thun, den Muth nicht eher zu verlieren, als bis man genau geſehen hat, was an der Sache iſt. Ganz ähnliche Fälle, die ich in meiner Photometrie behandelt habe, haben mir gezeigt, daß ſolche wiſſenſchaftliche Schrekken von ſehr Paniſcher Art ſein können; und daß in der Analyſis des Unendlichen uns nichts in Verlegenheit ſetzen muß. Es kam auf den Verſuch an, ohne ſich auf den erſten Anblick abſchrecken zu laſſen. Dieſen Verſuch habe ich gemacht, und man wird hier ſehen, wie weit es mir damit geglückt iſt. Hauptſächlich kommt es hier freilich auf die Theorie der Sprachröhre an;

aber, wenn ich auf meinem Wege auf Gegenſtände treffe, die anderweitig nützlich ſein können, ſo werde ich ſie nicht mit Stillſchweigen übergehen. Das Land, das ich durchlaufen werde, iſt noch wenig bekannt, und von ſolchen Ländern iſt man immer am begierigſten Alles zu wiſſen. Aber, um meinen Nachrichten Glaubwürdigkeit zu verſchaffen, werde ich anzeigen, von wo ich ausgegangen bin, und welchen Weg ich genommen habe. Alſo zur Sache.

§. 6.

Man weiß, daß der Schall ſich in gerader Linie fortpflanzet, wenigſtens in einerlei Luft, wenn er nicht etwa aus einer dichtern in eine dünnere Luft, oder umgekehrt, gehet. Denn in dieſem Fall ereignet ſich eine Art von Refraction, die wahrſcheinlich auch dann Statt findet, wenn der Schall durch eine prismatiſch geſtaltete Mauer gehet. Aber hier brauche ich darauf nicht zu achten.

§. 7.

Ferner, weiß man, daß der Schall zurückgeworfen wird, eine Kenntniß, die man ſo lange hat, als man aufgehört hat, das Echo als eine Art von Gottheit oder Fantome zu betrach-

ten, das ſich damit luſtig macht, das, was man ſagt, nachzuſprechen, oder wenigſtens die letzten Silben davon.

§. 8.

Endlich, weiß man, daß jeder ſchallende Körper den Schall nach allen Seiten verbreitet, und daß hierin der Grund liegt, warum der Schall in größern Entfernungen ſchwächer wird. Man kann behaupten, daß dieſes Schwächerwerden zunimmt, wie die Quadratzahlen der Entfernung, ganz wie bei dem Lichte.

§. 9.

Was die Reflexion des Schalles betrifft, ſo weiß man, daß es ſich damit eben ſo, wie mit allen andern Reflexionen, verhält, das heißt, der Reflexions-Winkel iſt dem Incidenz-Winkel gleich. Auf dieſer Kenntniß beruhet das Mittel, künſtliche Echo's anzulegen und herauszubringen.

§. 10.

Dies Alles iſt bekannt genug. Aber in der Verbindung der beiden letztern Phänomene giebt es Etwas, das in Verlegenheit ſetzen kann. Die ſchallenden Körper ſetzen uns nicht in den Stand, einen Schall hervor zu bringen, der bloß nach

einer gewiſſen Gegend hin gerichtet ſei. Die Frage entſtehet alſo, ob dieſes an ſich unmöglich ſei? Neuton behauptet dieſes; und die Theorie des Schalles, die er zuerſt aufgeklärt hat, ſcheinet die Behauptung zu beſtätigen. Er führet ſelbſt eine Erfahrung zur Beſtätigung an, und zum Beweiſe, daß der Schall und das Licht nichts mit einander gemein haben, in Rückſicht auf die Art und Weiſe ihrer Fortpflanzung. Dieſe Erfahrung ſchien dem Herrn Euler nicht entſcheidend zu ſein. Man weiß, ſagt Neuton, daß die Sonnenſtrahlen in gerader Linie durch ein Loch gehen, ohne daß ſie ſich hinter dem Loche nach allen Seiten ausbreiteten. Wenn nun das Licht ſich wie der Schall fortpflanzte, ſo müſſte auch der Schall in gerader Linie fortgehen und einen Schall-Kegel bilden, wie das Licht einen Licht-Kegel. Auf dieſe Weiſe würde man nichts hören, wenn man ſich zur Seite außer dem Schall-Kegel befände. Man höret aber hinter dem Loche, durch das der Schall gehet, allerwärts, folglich — —. So ſchließet Neuton. Herr Euler antwortet darauf: der Schall gehe nicht allein durch das Loch, ſondern auch durch Bretter, Mauern u. ſ. w.; mit dem Lichte verhalte es ſich aber nicht ſo, dieſes gehe bloß durch durchſichtige Körper. Ich habe Newtons Er-

fahrung nicht angeſtellt; aber ich weiß aus andern analogen Beobachtungen, was dieſe Erfahrung zeigen kann: nämlich, daß das Ohr, in den Schall-Kegel geſtellet, eine deutlichere und ſtärkere Senſation empfänget, als wenn es ſich zur Seite befindet.

§. 11.

Das Beiſpiel vom Echo ſcheinet mir in dieſer Rückſicht die meiſte Beweiskraft zu haben. Das Echo entſtehet, wenn der Schall von einer Mauer, oder von einem Felſen, die ſich in hinreichender Entfernung befinden, reflectiret wird. Es iſt nicht nothwendig, daß die Mauer, oder der Felſen, viel Oberfläche habe; und bei der Frage, von der hier die Rede iſt, iſt es gut, wenn die Oberfläche ſo klein als möglich iſt. In ſolchen Fällen habe ich immer beobachtet, daß das Echo, weit gefehlt ſich rings umher hören zu laſſen, ſich bloß da hören läſſet, wo nach den Regeln der Reflexion der reflectirte Strahl ſeinen Gang hat. Es ſei AB eine ſolche Mauer, C der Punkt, von dem der Schall, oder die Stimme, ausgehet; ACB wird dann der Schall-Kegel oder die Schall-Pyramide ſein, die ſich durch die Reflexion nach ab hinlenket. In ab höret man die Stimme, oder den Schall, als kämen ſie Fig. 1.

aus c. Ich habe bemerket, daß die Breite ab ſehr klein iſt; und, wenn die Mauer, oder der Felſen, AB die Krümmung eines Hohlſpiegels hat, ſo kann ab ſchmäler als AB ſein, und dann verſtärket das Echo den Schall, wie ein Hohlſpiegel die Lichtſtrahlen durch die Concentrirung verſtärket. Das Alles würde nicht Statt haben, wenn der Schall, indem er auf AB fället, ſich nach allen Seiten hin ausbreitete. Dieſes ereignet ſich bloß, wenn AB ein ſchallendes Object iſt, das durch die wellenartige Bewegung der Luft anfängt Schwingungen zu machen, die einen Schall hervorzubringen geſchickt ſind. Man ſiehet alſo hieraus, daß man mittelſt der Reflexion einen Schall-Kegel, oder eine Schall-Pyramide auffangen, und dem Schall eine geradlinige Richtung geben kann, wie dem Lichte. Hierzu kommt noch, daß, wenn ſich der Schall in AB nach allen Seiten verbreitete, man ihn in ab äußerſt geſchwächt hören würde. Denn AB würde alsdann wie ein convexer Kugel-Spiegel zu betrachten ſein, der durch Verbreitung des auffallenden Lichtes nach allen Seiten bloß ein ſehr ſchwaches reflectirtes Licht hervorbringt. Aber es giebt Echo's, die den Schall verſtärken. Alſo geſchiehet die Reflexion des Schalles wie die Reflexion des Lichtes.

§. 12.

Es war nothwendig, dieſe Behauptung feſtzuſtellen, weil Neuton entgegengeſetzter Meinung zu ſein ſcheinet, und das Anſehen Neutons die Gültigkeit eines ſehr ſtarken Beweisgrundes hat. Die Theorie des Schalles, von der er die erſten Grundzüge entwarf, ſcheinet ihn verleitet zu haben, die Sache aus dem Geſichtspunkte zu faſſen, wie er gethan hat. In der That ſcheinet es ſo: ein Lufttheilchen, das in irgend einer Richtung angeſtoßen worden, ſetzet alle Lufttheilchen, mit denen es in Berührung iſt, in Bewegung; und hiernach müſſte ſich freilich der Schall nach allen Seiten ausbreiten. Man beobachtet auch ſo etwas bei den ſchallenden Körpern, wenn ſie ſchallen. Aber die ſo eben angeführte Erfahrung mit dem Echo zeigt, daß hier Alles von einer andern Seite behandelt werden muß. Der ſchallende Körper würde alſo der Luft eine Bewegung nach allen Richtungen mittheilen. Aber, wenn man einen Schall-Kegel ACB mit einer Ebene AB auffängt, ſo wird dieſer Kegel nach ſeiner Linear-Direction zurückgeworfen, und wenn die ihm angrenzenden Lufttheilchen in D an der Erſchütterung der Luft, die den zurückgnworfenen Theil des Kegels ausmacht, Theil haben, ſo muß die Bewegung, welche dieſe Lufttheilchen in D em-

pfangen, äußerſt ſchwach ſein, weil das Echo ſich bloß dann hören läßt, wenn das Ohr ſich in dem zurückgeworfenen Theile des Kegels befindet.

§. 13.

Nun wollen wir ſehen, wie ſich der Ton in den Trompeten und andern ähnlichen Inſtrumenten verſtärket. Die Reflexion des Schalles, die in ihnen geſchiehet, trägt dazu unſtreitig bei, und zwar viel. Aber ſie iſt nicht allein die Urſache der Verſtärkung. Man weiß, daß man mit der Trompete nicht alle Töne angeben kann, ſondern bloß diejenigen, die ſich wie die natürlichen Zahlen von 1 bis 16 folgen, ſo daß die Trompete in dem Intervalle von vier Octaven nur 16 Töne giebt, die man anſtimmen muß, um die Trompete gleichtönend zu machen. Man kann zwar in die Trompete mit jeder beliebigen Stimme hineinſchreien; aber dann hört man bloß dieſe Stimme, und nicht den Ton der Trompete. Die Trompete wird dieſe Stimme bloß durch die Reflexion verſtärken, aber weit ſchwächer, als wenn ſie ſelbſt mittönete. Alſo iſt es klar, daß die zitternde Bewegung, die man der Trompete geben kann, eine der Haupt-Urſachen zur Verſtärkung des Schalles iſt. Wir wollen nun ſehen, wie?

§. 14.

Wenn in die Trompete geſtoßen wird, ſo wird anfänglich bloß die in ihr befindliche Luft erſchüttert. Aber wenn die Schwingungen der Lufttheilchen denen Schwingungen, deren die Trompete empfänglich iſt, gleichzeitig ſind, dann geräth die Trompete in eine ſchwingende Bewegung; und wenn man fortfährt mit Blaſen, ſo entſtehet in dieſer Bewegung eine Art von Anhäufung, indem die elaſtiſchen Metall-Theile neue Stöße empfangen, bevor die Wirkung der vorhergehenden ſich verlieret. Hieraus wird die Erzählung von ſolchen Perſonen, welche durch heftiges Schreien in ein Glas daſſelbe zerſprengen, mehr oder weniger, erklärbar. Man erkläret auch daraus das Zerſpringen einer Glocke, wenn ſie zu lange und zu ſtark geläutet wird.

§. 15.

Die Reflexion des Schalles in der Trompete trägt ſehr beträchtlich zu dieſer Anhäufung der Schwingungen der Metall-Theile bei. Aber, da bei jeder Reflexion die Lufttheile von ihrer Stärke verlieren, ſo muß man daraus das Paradoxon erklären, das dieſe Verſtärkung des Schalles darbietet. Denn es ſcheinet, daß die Wirkung größer ſei, als die Urſache, von der ſie her-

vorgebracht wird. Weil ſo etwas aber nicht Statt finden kann, ſo iſt klar, daß der Schall in dieſen Fällen anfänglich und zu Ende ſchwächer ſein muß, in der Mitte ſeiner Zeitdauer aber ſtärker. Die Total-Summe wird der erzeugenden Urſache gleich ſein, und ſehr oft wird ſie geringer ſein als dieſe, weil, das Metall der Trompete mag noch ſo elaſtiſch ſein, doch von der Bewegung ſeiner Theile mehr oder weniger verloren gehet, ſo daß der Ton nicht ſo ſtark iſt, als er ſein könnte.

§. 16.

Dieſe ſchwingende Bewegung der Metall-Theile trägt von ihrer Seite dazu bei, den Ton der Trompete nach allen Richtungen zu verbreiten, obgleich übrigens der ſtärkſte Ton der Richtung der Trompete ſelbſt, oder ihrer Axe, folget. Wenn inzwiſchen dieſe Art von Inſtrumenten ſo gemacht werden könnte, daß ſie den Ton nach allen Seiten gleich verbreiteten, ſo würden ſie dadurch ihrem Zwecke am vollkommenſten entſprechen. Mit den Sprachröhren verhält es ſich ſo nicht. Von dieſen verlanget man, ſie ſollen den Schall bloß nach einer einzigen Gegend hinlenken, und aller Schall, den ſie nach irgend einer andern Gegend verbreiten, wird

für

für verloren angeſehen, weil er der Stärke des Schalles, den man ganz nach der Stelle, wo man ſich verſtändlich machen will, hinhaben will. Bei den Sprachröhren hat man daher großentheils die ſchwingende Bewegung aus den Augen zu ſetzen, weil es ſich nicht darthun läſſet, daß man durch die daher entſtehende Verſtärkung des Schalles mehr gewinnet, als verloren wird. Ein ſolcher Beweis wird ſehr ſchwer ſein, wo nicht gar ganz unmöglich. Denn man bedienet ſich der Sprachröhre nicht, um bloß einen ſtarken Ton hervor zu bringen, ſondern artikulirte Töne, Silben, Wörter. Da nun das Schwellen *) der ſchwingenden Bewegung nicht in einem Augenblicke geſchiehet, ſo ſiehet man, daß man mit einer außerordentlichen Langſamkeit ſprechen müſſte. Aber, indem man langſam ſpricht, dehnet man bloß die Vokale, die Conſonanten ſind nichts weiter, als augenblickliche Modificationen der Vokale. Das Sprachrohr würde alſo bloß die Vokale hören laſſen; und zwar ſo tönend, daß man die Conſonanten rathen müſſte, welches nicht immer leicht iſt. Ich ſchließe alſo hiernach,

*) Accumulation du mouvement überſetze ich durch den in der Muſik eingeführten Kunſt-Ausdruck Schwellen, welches mir den Sinn am beſten auszudrücken ſcheinet.

daß, um durch ein Sprachrohr deutlich zu reden, die ſchwingende Bewegung vermieden werden muß. Dieſes läſſet ſich thun, wenn man dergleichen Inſtrumente von Stoffen, die wenig elaſtiſch ſind, verfertigt; oder, wenn man ſie aus elaſtiſchen Stoffen verfertigt, ſo muß man in ihnen mit einem Ton reden, den das Inſtrument nicht giebet, und der folglich von keinem Wiederhall begleitet wird. Uebrigens, in beiden Fällen, hängt die Theorie der Sprachröhre, und inſonderheit ihrer Figur, von der Theorie der unendlichen Menge von Schall-Reflexionen, die in den Sprachröhren geſchehen, ab. Und wenn dieſe unendliche Menge einem Abgrunde gleichet, ſo will ich ihn doch wenigſtens ſondiren. Vielleicht iſt er nicht ſo unermeßlich, als er ſcheinet.

§. 17.

Die Unterſuchung über die ſchicklichſte Figur der Sprachröhre iſt nicht das erſte, womit man anfangen muß. Obgleich dieſes Problem das erſte iſt, das über dieſen Gegenſtand von dem Ritter Morland aufgeworfen worden, ſo muß es doch eins der letzten in der Auflöſung ſein. Die Logik erfordert, daß, ehe man an die Analyſe, die dergleichen Probleme erfordern, gehet, man mit einer Art von Syntheſe anfängt, und dieſe

Syntheſe ſelbſt fångt mit den einfachſten Fällen an. Dadurch lernet man das in den verwickeltern Fällen Vorkommende klar einſehen. Wir wollen alſo anfänglich Sprachröhre von bloß cylindriſcher Form betrachten, und dann zu der coniſchen Form übergehen. Die prismatiſchen und pyramidaliſchen Formen kommen hier in keine Betrachtung, ob ſie gleich übrigens nicht ſchwerer zu behandeln ſein würden, als die beiden Formen, die ich unterſuchen will.

§. 18.

Es ſei alſo ein Cylinder ABED, deſſen Axe CF. In dieſer Axe ſei ein ſchallender Punkt C. Dieſer Punkt wird den Schall nach allen Seiten verbreiten, und es wird einen Schall-Kegel BCE geben, deſſen Grundfläche die Mündungs-Ebene des Cylinders iſt; und der Schall, der ſich in demſelben fortpflanzet, geht aus dem Cylinder in geraden Linien, das heißt, ohne reflectiret zu werden. Man denke ſich eine andre Richtung CM. Der Schall, der dieſer Richtung folget, wird in M,N,O reflectiret werden, und von O wieder aus dem Cylinder nach der Richtung OF gehen. Da nun CM, indem ſie ſich um die Axe CF drehet, die Oberfläche eines Kegels bildet, die wir ſchallende Kegel-Fläche nennen können, Fig. 2.

ſo ſiehet man, daß OF eine ähnliche Fläche auf die Weiſe bildet, und der in der Fläche des Kegels CM fortgepflanzte Schall gehet aus dem Cylinder, als wäre er in dem Punkte F erzeugt. Aber, nach Verſchiedenheit des Winkels MCF wird auch die Entfernung CF verſchieden ſein; und eben ſo wird es ſich mit den Winkeln OFC verhalten. Indem alſo der Schall den Cylinder verläſſet, verbreitet er ſich hinter der Fläche, die in BE den Cylinder unter rechten Winkeln ſchneidet, als wenn der ſchallende Punkt ſich in dem Punkte dieſes Cylinder-Schnittes befände. Die ganze Verſchiedenheit, die der Cylinder hervorbringen kann, iſt, daß der Schall bei jeder Reflexion eine Aenderung in ſeiner Stärke leidet, und daß er bei dem Herausgehen aus dem Cylinder ſich nicht gleichförmig verbreitet. Hieraus erhellet, daß die cylindriſche Figur, und folglich auch alle prismatiſche Figuren verworfen werden müſſen. Um deswillen werde ich mich auch nicht damit aufhalten, mit der Unterſuchung der Richtungen des Schalles, die nicht durch die Axe gehen. Wir wollen nun ſehen, was es mit den coniſchen Figuren für eine Bewandniß hat.

§. 19.

Fig. 3. Es ſei BCA ein Kegel, CN deſſen Axe. Der Schall ſchneide nach der Direction DF die Axe

in E, und nach allmählichen Reflexionen in F, H, verlaſſe er den Kegel nach der Richtung HI. Da nun der Reflexions-Winkel ſtets dem Incidenz-Winkel gleich iſt, ſo haben wir

CFD = BFH

FHC = IHA.

Aber, nach der Elementar-Geometrie iſt

CFD = FDA — ACB.

CHF = HFB — ACB.

Es werde nun der Kegel-Winkel ACB durch φ bezeichnet, der Winkel FDA durch ω, ſo wird

CFD = BFH = $\omega - \varphi$

CHF = IHA = $\omega - 2\varphi$,

woraus man ſiehet, daß bei jeder folgenden Reflexion der Incidenz-Winkel um die Größe φ abnimmt, die für eben denſelben Kegel beſtändig iſt, weil φ der Winkel des Kegels BCA iſt.

§. 20.

Dieſer Lehrſatz iſt von einer bewundernswürdigen Fruchtbarkeit, und wird uns dem Abgrunde, der anfänglich Schwindel zu verurſachen ſchien, auf den Boden ſehen helfen. Wir wollen der Kürze wegen einige Benennungen einführen. Wir brauchen hier ein Wort, das in Rückſicht auf den Schall beinahe eben das bedeutet, was Strahl in Rückſicht auf das Licht bedeutet. Wä-

re die Linear-Bewegung bei dem Schalle eben ſo ſichtbar als bei dem Lichte, ſo hätten wir bereits ein ſchon lange eingeführtes Wort, und die Aehnlichkeit würde wahrſcheinlich für das Wort Strahl entſchieden haben. Im Franzöſiſchen gebraucht man dieſes Wort von Dingen, die unendlich weniger Aehnlichkeit damit haben. Eine kurze Gewohnheit wird dem Worte Schall-Strahl, oder akuſtiſcher Strahl, oder Ton-Strahl das Auffallende benehmen. Indeſſen werde ich mich auch des Wortes Schall-Linie bedienen, wie ich ſchon mit dem Worte Schall-Kegel gethan habe, welches mit Ton-Kegel gleichbedeutend iſt.

§. 21.

Wenn der Kegel-Winkel φ gegeben iſt, und der erſte Incidenz-Winkel ω, ſo findet man ſehr leicht alle die andern folgenden Incidenz-Winkel, und die Zahl der Reflexionen, die der Schall-Strahl leidet, bevor er aus dem Kegel herausgehet, oder vielmehr vor dem Zuſtande, da er nicht mehr reflectiret wird. Denn die Incidenz-Winkel werden ſein:

$$\omega$$

$$\omega - \varphi$$

$$\omega - 2\varphi$$

$\omega - 3\varphi$

u. ſ. f.

$\omega - n\varphi$.

Dieſe Reihe endigt ſich immer da, wo die Ausdrücke anfangen negativ zu werden. Alſo, um die Zahl der Reflexionen, die der Schall-Strahl leidet, bevor er nicht mehr reflectirbar wird, zu finden, brauchet man bloß ω durch φ zu dividiren, ſo daß die Quotienten bloß gerade Zahlen ſind. Der Quotient wird die Zahl der Reflexionen anzeigen, und der Reſt wird den letzten Incidenz-Winkel geben, der herauskommt, wenn man einen Kegel von unbeſtimmter Länge vorausſetzet.

§. 22.

Dieſer letzte Incidenz-Winkel iſt immer kleiner als der Kegel-Winkel φ, woraus folget, daß aus dem unendlich verlängerten Kegel gar kein Schall-Strahl herausgehet. Es ſei FHC der letzte Incidenz-Winkel, der Reflexions-Winkel IHA iſt ihm gleich und folglich kleiner als der Kegel-Winkel ACB. Da alſo der Schallſtrahl HI die Seite CB nicht ſchneiden kann, ſo wird er nie aus des Kegels Hülle gehen.

§. 23.

Umgekehrt wollen wir annehmen, ein Schall-Strahl IH gehe in den Kegel hinein. Der erſte Incidenz-Winkel H ſei $= \psi$, ſo werden die nachherigen Winkel ſein

$$\psi + \varphi$$
$$\psi + 2\varphi$$
$$\psi + 3\varphi$$
$$\psi + 4\varphi$$

u. ſ. f.

Dieſe Winkel ſteigen alſo in arithmetiſcher Progreſſion, bis ſie anfangen, gröſser als ein rechter Winkel zu werden. Alsdann fängt der Schall-Strahl an, ſeine Richtung rückwärts zu nehmen, und er höret auf ferner reflectiret zu werden an der Stelle, wo der Winkel $\psi + n\varphi$ gröſser als die Summe von zwei rechten Winkeln werden würde. Hierauf hat man zu ſehen, wenn man Inſtrumente zur Erleichterung des Gehöres angeben will. Die Kegel-Geſtalt, wenn ſie nicht abgeſchnitten wird, taugt dazu nicht, weil aller einfallender Schall von neuen wieder herausgehet, ehe er die Spitze des Kegels C erreicht.

§. 24.

Man ſiehet leicht, daſs es mit dem Lichte eben die Bewandniſs hat, wenn man den Kegel inwen-

dig poliret und daraus einen Spiegel machet. Denn, wenn man in K eine Lichtkerze hinſtellet, ſo gehet die Hälfte des davon ſich verbreitenden Lichtes in den Kegel und gehet wieder heraus, ſo, daß ſie, wenigſtens einem großen Theile nach, in der Hülle des verlängert gedachten Kegels bleibet. Daſſelbe findet noch Statt, wenn der Kegel-Spiegel nahe bei C abgeſchnitten und dahin die Lichtkerze geſtellet wird. Hiedurch läſſet ſich das Licht, das die Kerze in einer Halbkugel verbreitet, in die Geſtalt eines leuchtenden Kegels verwandeln; und dieſer Kegel wird um ſo viel weiter Schein haben, je kleiner der Kegel-Winkel ſein wird. Es muß aber auch der Kegel eine hinreichende Länge haben. Hiervon werde ich ſogleich mehr ſagen. Für jezt bemerke ich bloß, daß, obgleich ein Cylinder ſich als ein abgekürzter Kegel, deſſen Winkel = o iſt, und folglich der von allen, anſehen läſſet, er eine ganz entgegengeſetzte Wirkung hervorbringet, weil er das Licht, oder den Schall, die man ihm zu reflectiren darbietet, durch eine ganze Halbkugel verbreitet.

§. 25.

Was die Entfernungen CD, CF, CH betrifft, dieſe laſſen ſich ſehr leicht durch Rechnung finden. Denn es iſt

$$\text{Sin.}\ (\omega - \varphi) : CD = \text{Sin.}\ \omega : CF$$

$$\text{Sin.}\ (\omega - 2\varphi) : CF = \text{Sin.}\ (\omega - \varphi) : CH,$$

und folglich

$$CF = \frac{\text{Sin.}\ \omega}{\text{Sin.}\ (\omega - \varphi)} \cdot CD$$

$$CH = \frac{\text{Sin.}\ \omega}{\text{Sin.}\ (\omega - 2\varphi)} \cdot CD,$$

woraus folget, daß die Entfernung, in der die nte Reflexion geſchiehet, iſt

$$= \frac{\text{Sin.}\ \omega}{\text{Sin.}\ (\omega - n\varphi)} \cdot CD$$

§. 26.

Dieſe Formel ſetzt uns in den Stand, die Länge des Kegels mit der Zerſtreuung des Schalles zu vergleichen, in ſo fern dieſe die durch die Axe des Kegels gehenden Schall-Strahlen betrifft. Wir wollen annehmen, daß

$$x = \frac{\text{Sin.}\ \omega}{\text{Sin.}\ (\omega - n\varphi)} \cdot CD$$

die Entfernung ausdrücke, in der ein Schall-Strahl ſeine letzte Reflexion leidet; ſo ſiehet man, daß dieſe Entfernung ſehr groß werden kann, wenn der letzte Incidenz-Winkel $\omega - n\varphi$ ſehr klein iſt. Da man aber den Sprachröhren keine unbeſtimmte Länge geben kann, ſo iſt klar, daß es immer Schall-Strahlen geben wird, die in

ihnen nicht bis zu der letzten Reflexion kommen. Indeſſen kann man dem Kegel immer eine ſolche Länge geben, daß alle Strahlen wenigſtens bis zu der vorletzten Reflexion kommen. Denn der vorletzte Winkel fällt zwiſchen φ und $2\,\varphi$, ſo daß er nicht kleiner als φ werden kann. Alſo wird die erforderliche Länge ſein

$$x = \frac{\text{Sin. }\omega}{\text{Sin. }\varphi} \cdot CD.$$

§. 27.

Nun wollen wir annehmen, der Kegel wird in D abgeſchnitten, ſo daß DK die Mund-Oeffnung wird. Man ſiehet, daß der Winkel FDA $= \omega$ den größten möglichen ſinus hat, wenn er ein rechter Winkel iſt, und er kann nicht größer werden, als ADK $= 90^\circ + \frac{1}{2}\varphi$. Und da zwiſchen $90^\circ + \frac{1}{2}\varphi$ und $90^\circ - \frac{1}{2}\varphi$ ein Vielfaches von φ fällt, ſo mache man dieſes Vielfache $= \omega$, ſo wird die Länge des Kegels ſein

$$x = \frac{\text{Sin. }\omega}{\text{Sin. }\varphi} \cdot CD.$$

§. 28.

Da indeſſen der Kegel-Winkel nicht ſehr groß ſein darf, ſo iſt kein Unterſchied zwiſchen dem ſinus von $90^\circ + \frac{1}{2}\varphi$ und dem ſinus ω. Alſo, macht man

$$x = \frac{CD. Sin. (90^{\circ} + \frac{1}{2}\varphi)}{Sin. \varphi} = \frac{CD}{2 Sin. \frac{1}{2}\varphi},$$

ſo lehret uns dieſe Formel folgende Conſtruction des Sprach-Kegels. Man mache CL = CM ſo lang, daß die Chorde LM = CD ſei; dann wird CL = CM die Länge ſein, die man dem Kegel zu geben hat, damit die Schall-Strahlen in ihm wenigſtens die vorletzte Reflexion leiden. Alsdann wird ſich der Schall nur in einem Kegel ausbreiten, deſſen Winkel 2 φ iſt.

§. 29.

Nun ſiehet man, daß dieſe Länge CL = CM hauptſächlich von dem Kegel-Winkel abhänget. Denn, dieſer Winkel ſei, welcher er wolle, ſo muß doch die Mund-Oeffnung DK immer eine gewiſſe Größe haben. Sie wird nicht unter $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmeſſer halten dürfen, damit man beim Andrücken der Lippen nicht gehindert werde, frei und deutlich zu reden. Sie größer zu machen würde unnütz ſein, weil dann Alles Uebrige ohne Noth größer werden müſſte. Man hat daher DK als eine beſtändige und gegebene Größe zu betrachten. Nun kann man ſo rechnen:

$$DK : CD = LM : CM.$$

$$CD = LM$$

$$\text{alſo}\quad CM = \frac{CD^2}{DK}$$

Es iſt aber

$$DK = 2\,CD\,.\,\mathrm{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\varphi$$

$$\text{oder}\quad CD = \tfrac{1}{2}DK\,.\,\mathrm{coſec.}\,\tfrac{1}{2}\varphi$$

daher wird ſein

$$CM = \tfrac{1}{4}DK\,.\,(\mathrm{coſec.}\,\tfrac{1}{2}\varphi)^2$$

oder

$$CM = \frac{DK}{4\,\mathrm{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\varphi^2}$$

und ſehr nahe

$$CM = \frac{DK}{\varphi^2}$$

§. 30.

Geſetzt zum Beiſpiel, man wolle $CM = 6$ Fuß $= 72$ Zoll machen, und $DK = 1\tfrac{1}{2}$ Zoll. So hat man

$$72 = \frac{3}{8.\,\mathrm{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\varphi^2}$$

dieſes giebt

$$\mathrm{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\varphi^2 = \tfrac{1}{192}$$

$$CD = \tfrac{3}{4}\sqrt{192} = 10{,}4 \text{ Zolle.}$$

$$DA = 72 - 10{,}4 = 61{,}6 \text{ Zolle.}$$

$$2\,\mathrm{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\varphi^2 = \tfrac{1}{96} = 0{,}01042 = 1 - \mathrm{coſ.}\,\varphi$$

$$\mathrm{Coſ.}\,\varphi = 0{,}98958$$

$$\varphi = 8^\circ\ 17' = LCM.$$

Und der Schall, der aus dem Kegel LCM gehet, wird ſich in einen Kegel Raum verbreiten, deſſen Winkel $= 2\,\varphi = 16^\circ\ 34'$ *).

§. 31.

Fig. 4. Um die Wirkung des Kegels zu beſtimmen, muß man bemerken, daß eben der Schall, der in des Kegels Hülle eingeſchloſſen iſt, ſich ohne Sprach-Rohr in einer Halbkugel ausbreiten würde. Dieſe Halbkugel ſei BAD, der Kegel FCE, ſo, daß der Winkel $FCA = ACE = \varphi$. Nun ſchneidet der Kegel aus der Kugel-Fläche ein Segment FAE ab, deſſen Flächen-Inhalt zu dem Flächen-Inhalt der Halbkugel ſich verhält, wie das Quadrat der Chorde FA zu dem Quadrate der Chorde AB. Setzet man nun

$$CA = 1$$

ſo iſt

$$AF = 2\ \text{Sin.}\ \tfrac{1}{2}\varphi$$

$$AB = \sqrt{2}.$$

Demnach wird der Schall durch das Sprach-Rohr in dem Verhältniß, wie $4\,(\text{ſin.}\ \tfrac{1}{2}\varphi)^2$ zu 2, das iſt, wie $2\,(\text{ſin.}\ \tfrac{1}{2}\varphi)^2$ zu 1 verſtärket. Und folglich in dem angeführten Beiſpiele, wie $\tfrac{1}{96}$ zu 1, oder wie 1 zu 96.

*) In dem Originale ſtehet $8^\circ\ 17''$, und $16^\circ\ 17''$; beides ohne allen Zweifel Schreibfehler, wie die Sinus-Tafeln und die Multiplication mit 2 lehren.

§. 32.

Geſetzt nun, ein Menſch könnte bis zu der Entfernung von 300 Fuß verſtändlich reden. Wenn dieſer mit eben der Stärke durch das Sprachrohr redet, ſo wird ſeine Sprachweite ſich in dem Verhältniß, wie FA zu BA vergrößern, und folglich in dem angeführten Beiſpiele wird ſie $= 300 \sqrt{96} = 2940$ Fuß ſein. Die Wirkung wird größer ſein, je nachdem man den Kegel länger machet; wie wir in der Folge ſehen werden.

§. 33.

Ein Kegel ACB ſei in DK abgeſchnitten und Fig. 5. alſo DK ſeine Mund-Oeffnung. P ſei ein Schall-Punkt; betrachtet man nun bloß die Schall-Strahlen, die durch des Kegels Axe gehen, und will umſtändlicher ſehen, wie dieſe divergirend werden, ſo ziehe man aus dem Punkte P gegen die Seite CB ſo viel Schall-Linien Pa, Pb, Pc, Pd, Pe, als man will. Alle dieſe Linien werden reflectiret, als gingen ſie von dem Punkte Q aus, ſo daß KQ = KP. Die Linie PB iſt die erſte von denen, die reflectiret werden. Die Linie Pd wird ſo reflectiret, daß dn parallel CA wird. Die Linie Pc wird in A reflectiret, und iſt folglich von denen, die nur eine einzige Reflexion vor ihrem

Ausgange aus dem Kegel leiden, die letzte. Die Linie Pb wird in g reflectiret, ſo daß gm parallel CB iſt. Und die Linie Pa wird in a, f, e reflectiret, ſo daß el parallel CA iſt. So ſind alle Schall-Strahlen, die in dem Winkel dPB liegen, nur einer einzigen Reflexion unterworfen. Die Schall-Strahlen in dem Winkel dPc würden zum zweitenmal reflectiret werden können, aber es geſchiehet nicht, weil der Kegel in A zu Ende iſt. Die Strahlen in dem Winkel cPb werden zum zweitenmal reflectiret. Und eben ſo wird man finden, daß unter den Strahlen, welche der Winkel bPa faſſet, diejenigen, die näher an b liegen, zum drittenmal reflectiret werden könnten, wenn der Kegel lang genug wäre; aber wirklich erfahren die bloß näher an a liegenden Strahlen eine ſolche Reflexion. Auf gleiche Weiſe verhält es ſich mit den Strahlen, die die vierte, fünfte, u. ſ. w. Reflexion leiden könnten oder wirklich leiden.

§. 34.

Die zweiten Reflexionen, in f, g, A, u. ſ. f. haben zum gemeinſchaftlichen Vereinigungspunkt den Punkt R, und es iſt QD — DR. Die dritten Reflexionen, in e, B, u. ſ. f. haben den Vereinigungspunkt in S, und es iſt SK = KR, u. ſ. w.

Be-

Beſchreibt man nun aus C durch den Punkt P einen Kreis, ſo liegen alle die Punkte P, Q, R, S, u. ſ. w. in der Peripherie dieſes Kreiſes RPS. Man ziehe aus den Punkten B, A die Tangenten BV, AT, und verlängere ſie nach v, t, ſo bekömmt man den Kegel vWt, innerhalb deſſen der Schall ſich ausbreiten wird. Man ſiehet ohne Schwierigkeit, daß der Winkel vWt kleiner wird, ſo wie man den Kegel länger macht.

§. 35.

Der Kreis TPV ſtellet in der That eine Kugel vor, ſo wie das Dreieck BCA einen Kegel. Nun ſind alle Vereinigungs-Punkte der reflectirten Strahlen in der Oberfläche der Kugel TPVE; daher kann man dieſe Kugel als ſchallend anſehen, aber ſo, daß der von ihr hervorgebrachte Schall eine Vereinigungs-Richtung nach dem Punkt W hin hat und von da aus ſich in dem Kegel vWt ausbreitet. Dieſe Kugel iſt ſehr klein; und das iſt der Grund, warum bei dem Sprechen durch ein Sprach-Rohr die verſchiedenen Modificationen der Stimme keine Verwirrung veranlaſſen. Dieſes würde geſchehen, wenn die Punkte P, Q, R, S, u. ſ. w. auf mehrere Hunderte von Fußen weit von einander zerſtreuet lägen; denn mit dieſen Punkten hat es die Beſchaffen-

heit, daß, zum Beiſpiel, die Entfernung Se = ef + fa + aP, und folglich der Summe der Wege gleich iſt, die der Schall-Strahl um der Reflexionen willen im Zickzack machet. Und da man den Sprachröhren eine ſolche Geſtalt geben könnte, daß die von den Schall-Strahlen durchlaufenen Wege von ſehr ungleicher Länge ſein würden, ſo ſiehet man, daß bei der Kegel-Geſtalt dieſe Ungleichheit nicht Statt findet, wenigſtens für die Strahlen, die durch des Kegels Axe gehen. Denn bis jetzt iſt bloß von ſolchen die Rede geweſen, weil man in einer etwas verwickelten Materie vermöge einer guten Methode von dem Einfachen zum Zuſammengeſetzten übergehen muß.

§. 36.

Fig. 6. Jetzt aber wollen wir die Theorie der Schall-Strahlen von jeder beliebigen Richtung vornehmen. Es ſei ACB ein Kegel, den ich als gerade annehme mit kreisförmiger Grundfläche. MBNA ſei einer von ſeinen Schnitten, BA ſein Durchmeſſer, und das Dreieck BCA der ſenkrechte Schnitt des Kegels in der Axe EC und durch den Durchmeſſer BA. Es ſei QFD ein anderer Schnitt, QD ſein Durchmeſſer parallel mit AB, ſenkrecht auf die Axe und in der Ebene BCA. Ein aus

dem Punkte M ausgehender Schall-Strahl falle auf Q; nun fragt es ſich, wie dieſer daſelbſt reflectiret werde. Zu dem Ende wollen wir uns eine Ebene vorſtellen, welche des Kegels Oberfläche längs der geraden Linie AC berühret. Dieſe Ebene wird auf der Ebene BCA ſenkrecht ſein. Man ziehe MN ſo, daß MA = AN wird, dieſe MPN wird ſenkrecht auf der Ebene BCA ſein und parallel mit der, die den Kegel längs der geraden AC berühret. Nun kann nach der Theorie der zuſammengeſetzten Bewegung der Schall-Strahl MQ als in zwei andere MP und PQ zerlegt betrachtet werden, und ſo iſt klar, daß bloß dieſer letzte der reflectirte ſein wird. Wir ſtellen uns die gerade Linie QT vor, in der Ebene BCA und ſenkrecht auf AC. Auch ſei die gerade Linie PR parallel mit AC. Man mache TR = BT und ziehe die gerade Linie RQ, ſo wird dieſe den reflectirten Strahl PQ vorſtellen, und es iſt

$$PQT = TQR$$
$$PQA = RQC.$$

Es ſei endlich die gerade Linie RS parallel und gleich PN = MP, und ſo wird die gerade Linie QS den reflectirten Strahl MQ vorſtellen. Man ziehe die gerade Linie NC, ſo wird der Punkt n, wo dieſe Linie von dem Strahle QS geſchnitten wird, der Punkt ſein, wo der reflectirte Strahl

auf des Kegels Oberfläche trifft, und wo er folglich von neuen reflectiret wird. Es ſei nbma der kreisförmige Schnitt, der durch den Punkt n gehet, da ſein Durchmeſſer parallel mit BA und nm parallel mit MN, ſo wird p noch ein Durchſchnittspunkt für den Strahl QR ſein, und die Punkte P, p, C liegen in gerader Linie.

§. 37.

Denn, man ziehe RW mit PA parallel und gleich, und Re = PE, aus e beſchreibe man den Kreis SWV. Dieſer Kreis kann als die Grundfläche eines Kegels VQW betrachtet werden; der Kreis nbma iſt der gemeinſchaftliche Schnitt dieſes Kegels und des Kegels BCA. Nun iſt

$$QR : RW = Qp : pa$$
$$QR : RS = Qp : pn$$

ferner

$$CP : PA = Cp : pa$$
$$CP : PN = Cp : pn$$

alſo iſt

$$QR : Qp = RW : pa \qquad RS : pn$$
$$CP : Cp = PA : pa = PN : pn$$

und folglich

$$pa : pn = RW : RS = PA : PN.$$

Es iſt aber

RW = PA

RS = PN.

Folglich iſt das Verhältniß pa: pn in beiden Kegeln einerlei, wenn p der Punkt iſt, in dem ſich die geraden Linien CP, QR, ab, mn ſchneiden.

§. 38.

Man muß bedenken, daß die Verhältniſſe, deren ich mich in dem vorigen §. bedient habe, eine gewiſſe Wahl erforderten, weil die Dreiecke PQA, RQW nicht ähnlich ſind, obgleich der Winkel PQA = RQW und RW parallel und gleich PA iſt. Der Grund iſt, weil die Kreiſe BNAM, SWV, die ſenkrecht auf der Axe des Kegels BCA ſind, nicht ſenkrecht auf der geraden Linie AC ſein könnten. Daher kommt es, daß AQ > QW, obgleich PQ = QR, und PA = RW, und der Winkel PQA = RQW. Doch wir wollen nun ſehen, was daraus zu folgern ſein wird.

§. 39.

Weil von jeden drei Punkten, die nicht in gerader Linie liegen, die Lage einer Ebene beſtimmt wird, ſo iſt klar, daß man durch die drei Punkte M, Q, n eine Ebene legen kann; und, wenn man den Kegel BCA nach dieſer Ebene

ſchneidet, ſo hat man eine Ellipſe, in deren Ebene der Schall-Strahl in dem Punkte Q ſeine Reflexion leidet. Es iſt auch klar, daß die Ebene dieſer Ellipſe ſenkrecht durch diejenige Ebene gehet, die des Kegels Oberfläche längs der geraden Linie AC berühret. Dieſes kann Veranlaſſung zu neuen Speculationen werden, aber ich glaube nicht nöthig zu haben, daß ich mich dabei aufhalte.

§. 40.

Man begreift leicht, daß ein Schall-Strahl, wie MQ, nach der Reflexion in Q, ferner reflectiret wird in n und andern folgenden Punkten, und daß alle dieſe Punkte auf des Kegels Oberfläche eine Art von Spirallinie bilden, von der man in allen Fällen eine Gleichung ſuchen könnte. Da aber dieſe Spirale von doppelter Krümmung iſt, ſo werden wir wohl thun, wenn wir ſie zerlegen. Und da muß in der Bewegung des Schall-Strahles das Fortſchreiten von dem Drehen im Kreiſe getrennt werden. Darum werden wir uns der beiden kurz vorhin gefundenen Eigenſchaften bedienen.

§. 41.

Die erſte dieſer Eigenſchaften iſt, daß die Punkte N, n, C in gerader Linie liegen; dieſes

giebt MA = AN, das heißt, das Drehen im Kreiſe geſchiehet unter gleichen Winkeln, oder vielmehr die Winkel MEA, AEN, u. ſ. w. bei jeder Reflexion, wachſen in arithmetiſcher Progreſſion. Folglich, iſt der erſte gegeben, ſo findet man die übrigen ohne Mühe.

Die zweite Eigenſchaft iſt, daß die Punkte P, p, C in gerader Linie liegen. Und, da wir bei der Betrachtung der fortſchreitenden Bewegung von der drehenden im Kreiſe abſtrahiren können, ſo kann das Fortſchreiten als geſchähe es bloß in der Ebene BCA und insbeſondere in dem Dreiecke PCA, angeſehen werden. Denn, wenn man den Punkt n in a verſetzet, ſo werden die Punkte Q, M, um eben ſo viel verrücket, nämlich, um dem Winkel = MEA. Giebet man zum Beiſpiele dem Bogen QF eben ſo viel Grade als dem Bogen an, ſo ſiehet man leicht, daß die Punkte F, a an die Stelle der Punkte Q, n geſetzet werden können. Und der Vortheil, den man davon hat, iſt, daß man dann nicht nöthig hat, Etwas zu ändern. Denn die gerade Linie Fq wird ſenkrecht auf die Ebene BCA, wie die gerade Linie MP war, und die Bewegung wird auf eben die Art zerlegt.

§. 42.

So reduciret ſich die Beſtimmung der fortſchreitenden Bewegung lediglich auf die Beſtimmung der Reflexionen, die der zerlegte Strahl PQ in dem Dreiecke PCA leidet, das heißt auf das, was wir bereits für die 3te, 4te, und 5te Figur gezeigt haben.

§. 43.

Es bleibt alſo nur noch übrig, zu ſehen, was es hier Beſonderes giebet. Die erſte Bemerkung, die ſich darbietet, iſt, daß AP und folglich der Winkel PCA ſich verändern, wenn mit dem Bogen AM oder mit dem Winkel MEA eine Aenderung vorgehet. Nun haben wir oben geſehen, daß der Schall-Strahl um ſo viel mehr allmähliche Reflexionen leidet, je kleiner der Winkel PCA iſt, übrigens alles gleich geſetzet. Dieſes vermehret die Zahl der Zickzacke; weil aber die Abſtände der Reflexions-Punkte kleiner werden, ſo wird jener Fehler dadurch wieder erſetzet, entweder ganz, oder doch großen Theils.

§. 44.

Es iſt wichtig, dieſe Erſetzung zu unterſuchen. Denn, wenn ſie in aller Abſicht genau wäre, ſo würde die ſchöne Vorſtellung von der

Schall-Kugel, die in Abſicht auf die Strahlen, die die Axe ſchneiden, Statt fand, für Strahlen aller Art Statt finden, und die ganze Theorie der Sprach-Röhre in Kegel-Form würde auf einen einzigen Lehrſatz zurückzubringen ſein. Gerade dieſes hat mich veranlaßt, die Natur dieſer Kugel zu unterſuchen, bevor ich jede andere Unterſuchung verfolge; und ich habe ſogleich geſehen, daß ich große Hülfe aus dem Lehrſatze ziehen könnte: daß jeder Durchmeſſer der Kugel als eine Axe betrachtet werden kann, und daß alles, was man von einer ſolchen Axe zeigt, auf alle gleich anwendbar iſt, weil ſie alle ſchlechterdings gleichgültig ſind.

§. 45.

Da ich zu der 5ten Figur wieder zurückging, fand ich in ihr die Kugel und den Kegel ſchon beſchrieben. Hier iſt die Schlußfolge, die ich gemacht habe, und die mich, nach verſchiedenen Verſuchen, helles Licht für dies Alles gegeben hat. Wir wollen die Figur als eine orthographiſche Projection der Kugel und des Kegels betrachten, und KD ſtellet ein Segment der Kugel vor. Dieſes Segment iſt offenbar kreisförmig, weil es durch einen kreisförmigen Kegel, deſſen Spitze in dem Mittelpunkte der Kugel liegt, abgeſchnit-

ten wird. Man nehme auf der Oberfläche dieſes Kugel-Segments einen beliebigen Punkt P und ſtelle ſich eine Ebene vor, die unter rechten Winkeln und längs der Linie CB durch die Ebene des Papiers gehet. Auf der andern Seite dieſer Ebene wird man einen Punkt Q finden, der das Bild von dem Punkt P ſein würde, wenn die Ebene ein Spiegel wäre. Es iſt leicht zu ſehen, daß der Punkt Q gleichfalls auf der Kugel-Oberfläche lieget. Und nach ſehr bekannten katoptriſchen Lehrſätzen iſt dieſer Punkt Q der Vereinigungspunkt aller der reflectirten Strahlen Paf, Pbg, PcA, u. ſ. w. Weil nun der Punkt P ſich nicht in dem Kreiſe KD befindet, ſo ſtellet die Figur bloß die orthographiſche Projection dieſer Strahlen vor, und es iſt weit gefehlet, daß ſie gegen die gerade Linie CA reflectirt ſein ſollten. Im Gegentheil werden ſie gegen eine andere gerade Linie, die auf des Kegels Oberfläche gezogen worden, reflectiret ſein. Denn dieſe reflectirten Strahlen ſind alle in der Ebene des Dreiecks aQB. Dieſe Ebene gehet durch des Kegels Spitze und ſchneidet folglich den Kegel anfänglich längs der geraden Linie CB, und zum zweitenmale längs einer andern geraden Linie, die gleichfalls durch C gehet.

§. 46.

Aber, die Lage dieſer andern Linie mag ſein, welche man will, ſo wird der Punkt für ſie das ſein, was der Punkt P für die Linie CB iſt. Man wird alſo auf eben die Weiſe auf der Kugel-Oberfläche einen Punkt R finden, der für die zweiten Reflexionen das ſein wird, was der Punkt Q für die erſten war. Und da bei allen den folgenden Reflexionen dieſe Schlußfolge immer wieder zu machen iſt, ſo ſiehet man, daß jedesmal die Strahlen ganz ſo reflectirt werden, als kämen ſie aus einem Punkte der Kugel-Oberfläche ETV, das iſt, als ſpräche man mit einer Oeffnung des Mundes, die dieſer Kugel gleich iſt. So kann alſo der Lehrſatz, den ich oben § 35. bloß in Beziehung auf Strahlen, die durch des Kegels Axe gehen, feſtgeſtellet habe, allgemein auf alle Strahlen ausgedehnt werden, und der Schall, der in der Mund-Oeffnung KD, die ich als einen Kugelſchnitt betrachte, erregt wird, bleibt in des Kegels Hülle vWt eingeſchloſſen; wir können daher dieſen Kegel den Schall-Kegel des koniſchen Sprach-Rohres nennen.

§. 47.

Nun ſind wir alſo auf dem Boden des Abgrundes, von dem ich im Anfange ſagte. Ich

geſtehe gern, daß dieſe unendliche Menge von Reflexionen mich lange Zeit abgehalten hat, den Gegenſtand näher zu beleuchten, und ich ſehe, daß alle, die ſeit der erſten Idee des Ritters Morland von ſeinem Problem geſprochen haben, ſich mehr oder weniger in eben dem Falle müſſen befunden haben. Aber, wenn dieſe unendliche Menge von Reflexionen ſo ſchreckhaft wurde, daß man alle Unterſuchung aufgab, ſo muß man es natürlich um ſo auffallender finden, daß ſie ſich alle auf eine Kugel und auf einen Kegel zurückführen laſſen.

§. 48.

Fig. 7. Aber wir wollen noch ſehen, wie der Schall ſich zerſtreuet. Es ſei BCA der Kegel, ED ſeine Mund-Oeffnung, MKI die Schall-Kugel. F ſei irgend ein Punkt in der Mund-Oeffnung. Die Schall-Strahlen, die von dieſem Punkte des Kegels ausgehen, ohne reflectiret zu werden, ſind in dem Kegel-Raume fBFAf enthalten. Man mache DG = GF, und HE = EF, und wenn man HBh, HAh, GBg, GAg ziehet, ſo wird man finden, daß die Schall-Strahlen, die nur eine einzige Reflexion haben, in den beiden Kegel-Räumen hBAh, gBGAg enthalten ſind. Ich habe die Bogen ff, gg, hh; beſchrieben, aus

denen man deutlicher ſiehet, bis wie weit ſie zuſammen fallen. Solchergeſtalt wird man, wenn EK = EG, DI = DH, und KBk, KAk, IBi, IAi gezogen werden, finden, daß die Strahlen, die zwei Reflexionen haben, in den Kegel-Räumen kBKAk, iBIAi liegen, und die Bogen kk, ii zeigen gleichfalls, bis wie weit dieſe Räume zuſammen fallen.

§. 49.

Nun iſt leicht zu ſehen, daß das Zuſammenfallen bei jeder neuen Reflexion geringer wird, weil der Zwiſchenraum PQ ſich immer mehr und mehr verengert. Man wird alſo nur die Tangenten TBt, VAv zu ziehen haben, ſo werden dieſe die Gränzen der Coincidenz beſtimmen, ſo wie die Tangenten WBw, XAx die Gränzen der Divergenz beſtimmen.

§. 50.

Jetzt zum Gebrauch, den wir von dieſen Gränzen und insbeſondere von den Gränzen der Coincidenz machen können. Geſetzt, alle die eben erwähnten Kegel fallen mit dem Kegel BCA zuſammen, den man nach Belieben verlängert; alsdann würde der Schall ſich in dieſem Kegel mit einer vollkommnen Gleichförmigkeit verbrei-

ten, und in der ganzen Hülle des Kegels würde die Stärke des Schalles im umgekehrten Verhältniſſe der Entfernung des Punktes C ſein. Ob nun gleich dieſe Kegel nicht gänzlich zuſammenfallen, ſo wird doch dieſe Behauptung demohngeachtet für den Raum, der zwiſchen rv iſt, wahr ſein, weil alle dieſe Kegel wenigſtens in dieſem Raume zuſammenfallen.

§. 51.

Dieſer Raum wird immer enger und enger, wenn BA kleiner iſt, als der Durchmeſſer der Kugel. Aber, da BA größer wird, je länger man den Kegel BCA macht, ſo iſt klar, daß man dem Kegel immer eine ſolche Länge geben kann, daß BA dem Durchmeſſer der Kugel wenigſtens gleich iſt, und dann ſind die Tangenten TBr, VAv parallel. Sie ſtellen alſo einen Cylinder vor, der ſo wohl um die Kugel MTV, als um den Kegel BCA beſchrieben worden. Und obgleich der Schall ſich durch den ganzen Kegel wZx verbreitet, ſo ſiehet man doch, daß das in dieſem Cylinder geſtellte Ohr den Schall eben ſo ſtark hören wird, als wenn er ſich bloß durch den Kegel BCA verbreitete. Und damit hat man Alles, was man mit Sprachröhren von Kegel-Geſtalt bewirken kann. Uebrigens erhellet, daß dieſes Alles

ſchlechterdings dem Falle gleichet, wo man eine leuchtende Kugel MTFV annimmt, die ihr Licht durch ein kreisförmiges Loch verbreitet, deſſen Durchmeſſer AB iſt. Man ſiehet auch, daß dieſes Alles auf Hohlſpiegel von der Kegel-Geſtalt EBAD anwendbar iſt.

§. 52.

Es ſei BCA der Kegel, ED ſeine Mund-Oeffnung, TEDV die Schall-Kugel, TBAV der umgelegte Cylinder, ſo wird CB = CA die Länge ſein, die der Kegel haben muß. Man ſiehet, daß dieſe Länge von dem Winkel BCA abhänget. Es ſei dieſer Winkel = φ, und die Länge CB = x, ſo haben wir Fig. 8.

$$BF = CT = x. \text{Sin.} \tfrac{1}{2} \varphi.$$

und die Chorde

$$ED = 2 x. \text{Sin.} \tfrac{1}{2} \varphi^2.$$

Da dieſe Chorde der Durchmeſſer der Mund-Oeffnung iſt, ſo habe ich ſchon oben geſagt, daß man ihr nicht weniger als $1\frac{1}{2}$ Zolle geben darf, daß es aber auch unnütz ſein würde, ſie größer zu machen. Macht man alſo

$$ED = \tfrac{3}{2} \text{ Zolle},$$

ſo iſt

$$\tfrac{3}{2}'' = 2 x. \text{Sin.} \tfrac{1}{2} \varphi^2.$$

Dieſe Formel beſtimmt demnach die Länge x durch

den Winkel φ, oder gegenſeitig φ durch x. Was folgen daraus für zu wählende Beſtimmungen?

§. 53.

Man bedient ſich der Sprach-Röhre, um den Schall zuſammen zu halten, und ihm eine ſolche Richtung zu geben, daß er in einer großen Weite gehöret werden kann. Dieſes hänget hauptſächlich von dem Winkel φ ab. Es ſei z die Entfernung, in welcher ein Menſch, wenn er mit einer gewiſſen Anſtrengung der Stimme ſpricht, noch verſtanden werden kann; ſo wird die Entfernung, in welcher er, mit gleicher Anſtrengung durch das Sprach-Rohr redend eben ſo gut verſtanden werden kann, ſein

$$y = \frac{GT}{GE} \cdot z = \frac{z \cdot \sqrt{2}}{2 \text{ Sin. } \frac{1}{4} \varphi} = \frac{z}{\text{Sin. } \frac{1}{4} \varphi . \sqrt{2}}.$$

Denn die Stimme verſtärket ſich hier in dem Verhältniſſe des Kugel-Segments zu der Halbkugel, und folglich in dem Verhältniſſe des Quadrats der Chorde EG zu dem Quadrat der Chorde GT. Aber die Stimme wird ſchwächer in dem umgekehrten Verhältniſſe der Entfernungen. Alſo iſt

$$y^2 : GT^2 = z^2 : GE^2$$

das heißt

$$y = \frac{GT}{GE} \cdot z = \frac{z}{\text{Sin. } \frac{1}{4} \varphi . \sqrt{2}}$$

§. 54.

§. 54.

Wenn alſo die Entfernung y gegeben iſt und die Entfernung z, ſo giebet dieſe Formel

$$\text{Sin. } \tfrac{1}{4}\varphi = \frac{z}{y \cdot \sqrt{2}}$$

und dann findet man die Länge x mittelſt der Formel

$$x = \frac{3}{4(\text{Sin. } \tfrac{1}{2}\varphi)^2}$$

und zwar giebt dieſe Formel die Länge in Zollen.

§. 55.

Da die Entfernung z die Sprachweite eines Menſchen iſt, ſo iſt ſie von ſehr verſchiedener Größe. Das macht, daß wir dieſe Formeln abkürzen können, indem wir die Winkel $\tfrac{1}{2}\varphi$, $\tfrac{1}{4}\varphi$ nehmen, anſtatt ihrer Sinus. Alſo haben wir

$$\tfrac{1}{2}\varphi = \frac{z \cdot \sqrt{2}}{y}$$

und folglich

$$x = \frac{3\,y^2}{8\,z^2}$$

§. 56.

Setzen wir nun z, oder die natürliche Sprachweite eines Menſchen = 400 Fuß, und y = 10000 Fuß, ſo findet man x = $234\tfrac{3}{4}$ Zolle, $\varphi = 6^\circ\ 29'$, CD = $13\tfrac{1}{4}$ Zolle, und folglich

DA, oder die Länge des Sprach-Rohres = $234\frac{3}{4} - 13\frac{1}{4} = 221\frac{1}{2}$ Zolle oder 18 Fuß und $5\frac{1}{2}$ Zolle. Dieſe Länge wird kleiner bis auf 52 Zolle oder 4 Fuß und 4 Zolle, wenn y nur 5000 Fuße beträgt.

§. 57.

Es ſei die Länge des Sprach-Rohres DA gegeben, man ſuchet den Winkel φ und die Entfernung y. Es ſei DA = a Zolle. Da nun

$$\tfrac{3}{2}'' = 2x \,.\, (\text{Sin.}\ \tfrac{1}{2}\varphi)^2$$

$$x = \frac{3}{4\,(\text{Sin.}\ \frac{1}{2}\varphi)^2} = CA.$$

$$CD = \frac{3}{4\,(\text{Sin.}\ \frac{1}{2}\varphi)}$$

ſo iſt

$$CA - CD = a = \frac{3}{4}\,\frac{1}{(\text{Sin.}\ \frac{1}{2}\varphi)^2} - \frac{1}{(\text{Sin.}\ \frac{1}{2}\varphi)}$$

oder

$$\text{Sin.}\ \tfrac{1}{2}\varphi^2 + \frac{3}{4a}\cdot\text{Sin.}\ \tfrac{1}{2}\varphi = \frac{3}{4a}$$

und folglich

$$\text{Sin.}\ \tfrac{1}{2}\varphi = \frac{-3 + \sqrt{(48a - 9)}}{8a}$$

und

$$y = \frac{z}{(\text{Sin.}\ \frac{1}{4}\varphi)\,.\,\sqrt{2}}$$

§. 58.

Geſetzt, zum Beiſpiele, a ſei = 7 Fuß = 84 Zolle, ſo hat man

$$\text{Sin.}\ \tfrac{1}{2}\varphi = 0{,}08997$$
$$\tfrac{1}{2}\varphi = 5^\circ\ 9'\ 40''$$
$$\varphi = 10^\circ\ 19'\ 20''$$
$$\tfrac{1}{4}\varphi = 2\ .\ 34\ .\ 50$$
$$\text{Sin.}\ \tfrac{1}{4}\varphi = 0{,}04502$$
$$y = 15{,}71\ .\ z.$$

Alſo wird dieſes Sprach-Rohr bewirken, daß man die Stimme eines Menſchen dadurch $15\frac{7}{10}$ mal weiter, als ohne Sprach-Rohr hören kann. Wenn alſo ein Menſch auf 400 Fuß weit verſtanden werden könnte, ſo würde er durch dieſes Sprachrohr ſich auf 6284 Fuß weit verſtändlich machen können.

§. 59.

Da Alles, was ich bisher aufgefunden habe, ſich bloß auf die Reflexion des Schalles gründet, ſo ſiehet man, daß dieſes Alles auch auf das Licht anwendbar iſt. Man kann demnach auch Leucht-Röhre machen, wie man Sprach-Röhre macht, und die Helligkeit, die eine Lichtkerze, oder Fackel, oder Flamme in einer ganzen Halbkugel verbreitet, läſſet ſich in der Hülle eines Kegels ſo enge, als man verlangt, einſchließen. Geſetzt, zum

Beiſpiel, daß die Flamme einer Fackel auf eine Weite von 100 Fuß hinreichende Helligkeit, um Gegenſtände kennbar zu machen, verbreitete; ſo erhellet aus den angeführten Beiſpielen, daß man mittelſt eines ähnlichen Kegels dieſe Helligkeit bis auf eine Weite von 1500 bis 2000 Fuß bringen kann, und wenn man will noch weiter. Dergleichen Leucht-Röhren können bei Nacht-Zeit von großem Nutzen ſein, weil ſehr oft und vornehmlich in Kriegeszeiten uns daran gelegen iſt, auf beträchtliche Weiten helle zu ſehen. Man könnte ſich ihrer auch bei Illuminationen bedienen. Denn, wenn man dergleichen Inſtrumente alle 1000 oder 1500 Fuß anbrächte, ſo müſſte es recht gut angehen, auf dieſe Weiſe ganze und ſehr lange Straßen zu erleuchten. Und weil man für ein ſolches Leucht-Rohr nur die eine Hälfte der Flamme gebraucht, ſo ſiehet man, daß wenn man auch die andere Hälfte der Flamme für ein ähnliches Inſtrument benutzet, man doppelte Wirkung hervorbringen kann. Vielleicht könnte man auch bei der Theater-Erleuchtung vortheilhaften Gebrauch davon machen. Die größte Schwierigkeit würde in der Ausführung nur die ſein, kegelförmige Spiegel von ſo anſehnlicher Länge zu machen. Indeſſen könnte man ja die Kegel Form in eine pyramidaliſche verändern, welche mehr oder we-

niger dieſelbe Wirkung thun würde. Und dergleichen pyramidaliſche Spiegel zu verfertigen, würde nicht ſchwer ſein, weil man dazu hinreichend lange Spiegel finden würde, mit denen ſich die Seitenflächen der Pyramide, deren man ſo viel machen könnte als man für gut fände, belegen ließen. Und, wenn man ſie nicht ſo groß machte, ſo würde man ſie immer zu mancherlei ſehr angenehmen optiſchen Unterhaltungen gebrauchen können. Doch wir kommen wieder auf die Sprach-Röhre zurück.

§. 60.

Die bisher vorgetragene Theorie gründet ſich einzig und allein auf die Reflexion des Schalles. Der Umſtand, daß die Schall-Strahlen ſich auf eine unendliche Weiſe durchkreuzen, macht hier kein Hinderniß. Denn, obgleich die Fortpflanzung des Schalles noch nicht hinreichend bekannt iſt, als höchſtens für den Fall, da ſie in Linien geſchiehet oder lineariſch iſt, ſo lehret ſie uns doch, daß die verſchiedenen Bewegungen, die ein Lufttheilchen empfängt, ſich einander nicht hindern, und daß in dieſer Hinſicht der Schall von dem Lichte nichts Verſchiedenes hat. Ich ſchließe daraus, daß es nichts giebt, was die von mir

gegebene Theorie der Sprachröhre umſtieße oder veränderte.

§. 61.

Aber es iſt noch ein anderer Umſtand da, auf den wir jetzt Rückſicht nehmen müſſen; und dieſer iſt: daß das Sprach-Rohr durch den Schall in eine ſchwingende Bewegung geſetzt werden kann; hiedurch bekömmt es Reſonanz und bringt neue Reflexionen des Schalles hervor. Nun habe ich bereits oben bemerkt, daß hiedurch der Schall ſtärker werde, aber zugleich auch verwirrter, ſo daß die Conſonanten durch daſſelbe nicht deutlich verſtanden werden können. (§. 14. u. f.) Ich habe auch geſagt, daß dieſe ſchwingende Bewegung ein Fehler an den Sprach-Röhren iſt, und daß man beſſer thut, ſie ſo ſehr als möglich zu vermeiden. Demungeachtet muß man doch die Wirkung davon unterſuchen.

§. 62.

Dieſe Wirkung beſtehet hauptſächlich darin, daß man die ganze Oberfläche des Kegels als aus Schall-Punkten zuſammengeſetzet betrachte, anſtatt daß wir bisher nur dergleichen Schall-Punkte in der Mundöffnung des Sprachrohrs angenommen haben. Es ſeien ſolche Schall-Punkte

in a, b, c, u. ſ, w.; dieſe haben nicht den Punkt Q zu ihrem Vereinigungspunkte. Im Gegentheile iſt ihre Wirkung mehr oder weniger ſenkrecht auf die gerade Linie CB, das heißt, auf des Kegels Oberfläche. Ich ſage, mehr oder weniger, denn mit unſern Mikroſkopen können wir nicht wahrnehmen, wie die Luft-Theilchen des Kegels Oberfläche berühren und wie ſie mit den Beſtandtheilchen dieſer Oberfläche zuſammenhangen. Indeſſen, dem mag ſein, wie ihm will, ſo ſiehet man, daß die Kugel ETV von keinem Nutzen für dieſe neuen Schall-Punkte iſt, ſondern daß man ſo viele Kugeln brauchet, als es Schall-Punkte in des Kegels Oberfläche giebt. Alle dieſe Kugeln ſind concentriſch, und man ſiehet, daß diejenige unter ihnen, welche alle umfaſſet, durch die Enden des Kegels, B und A, gehet. Sie iſt alſo beträchtlich größer, und ſchon dieſer Umſtand trägt dazu bei, den Schall verwirrter zu machen. Hiezu kommt noch ein anderer, nämlich: die Punkte a, b, c, u. ſ. w. werden nur nach und nach ſchallend oder wiedertönend, und das hat denn alle die oben angeführten Folgen (§. 14 u. f.) Endlich, der Kegel vWt bezeichnet nicht mehr die Gränzen des Schalles, der aus dem Kegel BCA gehet, ſondern dieſe ſchallenden Beſtandtheile des Kegels verbreiten ihren Schall

hinter BA in einer Halbkugel, ja ſelbſt in der Halbkugel, die noch vor BA liegt, weil die ſchwingende Bewegung ſich gleichfalls denen Theilchen mittheilet, die die äußere Fläche des Kegels bilden. So tragen dann alle dieſe Gründe zu dem Beweiſe bei, daß ein Sprachrohr, in welchem dieſe ſchwingende Bewegung nicht Statt hat, einem andern, das wiederhallet, vorzuziehen iſt (§. 16).

§. 63.

Nachdem ich mich zur Gnüge über die Theorie der kegelförmigen Sprachröhre ausgelaſſen habe, werde ich von anders geſtalteten nur in der Kürze handeln. Wenn dieſe andern Geſtalten krumliniger Art ſind, ſo verurſacht es den Künſtlern viel Schwierigkeit, ſie genau zu verfertigen, und in dieſem Betracht werden die kegelförmigen Sprachröhre immer vorzuziehen ſein. Uebrigens müſſen alle Figuren, die bei ihrer Erweiterung ihre Convexitet der Axe zukehren, wie zum
Fig. 9. Beiſpiel AB, verworfen werden, weil ſie den Schall durch eine Halbkugel verbreiten und zwar noch mehr als cylindriſche und prismatiſche Figuren. Dergleichen Figuren ſind für muſikaliſche Inſtrumente gut, weil bei dieſen es Zweck iſt, den Schall nach allen Seiten ſo gleichförmig als

möglich zu verbreiten; da hingegen die Sprach-Röhre beſtimmt ſind, den Schall nach einer beſtimmten Stelle hin, wo man verſtanden ſein will, zu lenken. Folglich muß die Krümmung, die man ihnen geben will, ſo beſchaffen ſein, daß ſie ihre Concavität gegen die Axe kehret, ohne indeſſen parallel zur Axe zu werden, oder nach der Erweiterung bis zu einem gewiſſen Punkte wieder enger. Denn, wenn die Oberfläche der Axe parallel wird, ſo wirket ſie wie ein Cylinder, und wenn ſie mit der Axe convergiret, wirket ſie wie ein umgekehrter Kegel (§. 23).

§. 64.

Die paraboliſche Figur ſcheinet die meiſten Vortheile zu verſprechen. Ich werde ſie alſo noch unterſuchen. Es ſei BADM die Parabel, A ihr Scheitel, AP ihre Axe, C ihr Brennpunkt. Man weiß ſchon lange, daß Strahlen, die von C ausgehen in der paraboliſchen Fläche ſo reflectiret werden, daß ſie nach der Reflexion mit der Axe parallel ſind. Eben das gilt alſo auch hier von dem Schalle. Wenn demnach das Sprach-Rohr eine paraboliſche Form hat, ſo muß die Mund-Oeffnung in C ſein und das Segment DBAD muß abgeſchnitten werden. Aber dieſe Mund-Oeffnung muß wenigſtens $1\frac{1}{2}$ Zolle in Fig. 10.

dem Durchmeſſer haben; alſo iſt es der Punkt C nicht mehr allein, der in Betrachtung kommt. Und da man gern das Sprach-Rohr ſo klein als möglich macht, ſo thut man wohl BD zur Mund-Oeffnung zu nehmen, wodurch die ganze Parabel beſtimmt iſt, weil CD $\frac{3}{4}$ Zolle und AC $\frac{3}{8}$ Zolle, oder der Parameter $1\frac{1}{2}$ Zolle ſein wird.

§. 65.

Man begreift leicht, daß die gerade Linie BD die orthographiſche Projection eines Kreiſes vorſtellet, und daß jeder Punkt dieſes Kreiſes als ſchallend betrachtet werden kann. Es ſei alſo M ein Punkt in der Parabel, ſo wird das Dreieck DMB die Projection eines Kegels, die alle die Schall-Strahlen, die in M gerade auffallen und daſelbſt reflectiret werden, in ſich begreift. Es ſei TNM die Tangente des Punktes M, N der Durchſchnitts-Punkt dieſer Tangente und der verlängerten BD. Man mache den Winkel TNb = TNB, und

$$Nd = ND$$
$$Nc = NC$$
$$Nb = NB.$$

Auf dieſe Weiſe wird der Kreis, den BD vorſtellet, nach bd verſetzet, und der Kegel DMB nach dMb. Wenn nun dieſer Kegel dMb nach

$\beta M \delta$ verlängert wird, ſo iſt er der Kegel, den die reflectirten Strahlen bilden, und die gerade Linie $cM\gamma$ wird die Richtung des Strahles CM, der in M reflectirt worden, bezeichnen. Folglich wird $M\gamma$ der Axe AP parallel. Man ſiehet leicht, daß dieſer Kegel ein ſchiefer iſt auf kreisförmiger Grundfläche. Und, wenn man CM, cM, $M\gamma$ ſeine Axe nennet, ſo iſt dieſe Axe parallel mit AP, der Punkt M mag ſein wo man will.

§. 66.

Wenn der Punkt M ſehr weit von C liegt, ſo wird der Kegel $\delta M \beta$ ſehr enge ſein. Giebt man, zum Beiſpiel, AB eine Länge von 7 Fuß oder 84 Zollen, und macht BD $1\frac{1}{2}$ Zolle, ſo ſiehet man, daß der Kegel-Winkel nicht ſehr groß ſein kann. Um dieſen Winkel zu finden, betrachte man CM als einen Strahl, und CD als eine Tangente. Nun iſt

$$CM = AP + AC = 84{,}75 \text{ Zolle.}$$
$$CD = 1{,}5 \text{ Zolle.}$$

Die Tangente iſt

$$\frac{1{,}50}{84{,}75} = 0{,}03352,$$

und der dazu gehörige Winkel hat $1^\circ\ 55'$. Dieſer Winkel iſt derjenige, den die Axe $M\gamma$ mit der Seite des Kegels, die ſich am meiſten von

der Axe entfernet, macht. Wenn man alſo dieſen Winkel doppelt nimmt, ſo ſiehet man, daß die größte Divergenz der Schall-Strahlen des Kegels δMβ nicht über 3° 50′ gehet, unſtreitig eine Kleinigkeit. Aber eben ſo leicht iſt auch zu ſehen, daß dieſer Winkel in dem Maße wächſt, wie der Punkt M ſich dem Punkte D nähert, und dadurch werden die Strahlen viel divergirender. Eben ſo verhält es ſich mit dem Winkel DMB, der der Winkel der kleinſten Divergenz der Strahlen des Kegels δMβ iſt. Dieſer Winkel wächſt in dem Maße, je näher M an D rücket, und in D wird er = 45°, in der That eine ſehr beträchtliche Divergenz. Es iſt wahr, daß man in dieſem Falle zum Theil Strahlen, die mehr als einmal reflectiret werden, aber das gilt nur von Strahlen, die aus ſolchen Punkten der geraden Linie BD ausgehen, die zunächſt an D liegen.

§. 67.

Wenn der Punkt M derjenige iſt, wo die zum Sprach-Rohre gebrauchte Parabel ſich endiget, und man ziehet dann CMg, BMh, DMf, ſo ſiehet man, daß alle die Strahlen, die in den Räumen begriffen ſind, die dieſe gerade Linien mit der Axe AP bilden, aus dem Sprach-Rohre herausgehen, ohne reflectiret zu ſein.

Geſetzt nun, es wäre, wie vorhin, AP = 48 Zolle; AC = $\frac{3}{8}$ Zolle, ſo findet man MP = $\sqrt{126}$ = 11,225 Zolle, und folglich

$$\text{tang. MCB} = \frac{11{,}225}{83{,}625} = 0{,}13423$$

alſo MCP = 7° 43′.

Dieſer Winkel iſt größer als der, den wir oben (§. 58) gefunden haben, für ein kegelförmiges Sprachrohr von eben derſelben Länge. Da nun hier der kleinſte Divergenz-Winkel 3° 50′ iſt (§. 65), und dieſer Winkel bis zu 45° ſteigt, ſo iſt kein Anſchein da, daß der Winkel MCP = 7° 43′ als ein mittlerer Divergenz-Winkel angeſehen werden könne. Und ſelbſt, wenn er dies wäre, ſo würde daraus folgen, daß ein paraboliſches Sprach-Rohr weniger Wirkung, als ein kegelförmiges von derſelben Länge thun würde.

§. 68.

Die Strahlen, die von Punkten ausgehen, die von der Oberfläche nicht weit entfernt ſind, ſind großentheils mehreren Reflexionen unterworfen; und dann fehlet viel daran, daß ſie aus der paraboliſchen Röhre in einer mit der Axe parallelen Richtung gingen. Ja es giebt ſelbſt ſolche, die in der Richtung der Tangente TM herausgehen, vorausgeſetzt, daß in M die Röhre ſich endiget.

Aus alle dem ſiehet man, daß es in den paraboliſchen Sprach-Röhren wenigſtens eben ſo viel Divergenz giebt, als in den kegelförmigen, deren Verfertigung außerdem viel leichter iſt.

§. 69.

Aber, wenn man Hör-Röhre verfertigen will, dann iſt die paraboliſche Form die vortheilhafteſte. Denn der aus der Ferne kommende Schall gehet in einer faſt mit der Axe parallelen Lage ein, und wird durch die Reflexion in dem Brennpunkte C als in einem einzigen Punkte concentriret. Es braucht daher in E nur ein kleines Loch zu ſein, und das Inſtrument bekömmt ſeine Geſtalt durch die Umdrehung der Ebene CDMPC um die Axe CP. In C kann man ein kleines Rohr anbringen, um daſſelbe in das Ohr zu ſtekken. Da dergleichen Inſtrumente nicht ſehr groß zu ſein brauchen, ſo kann man ſie in allen Fällen gießen laſſen. Aber, wenn man dergleichen haben will, um aus großen Entfernungen zu hören, dann müſſen freilich auch dieſe Inſtrumente beträchtlich größer gemacht werden. Hier ſind die Maße dazu.

§. 70.

Der Durchmeſſer der Oeffnung in C braucht nicht mehr als $1\frac{1}{2}$ Zolle zu haben. Ich will ſetzen,

er habe $1\frac{1}{3}$ Zolle. Es ſei der Halbmeſſer MP = x Zolle. Wenn nun der Halbmeſſer in C = $\frac{1}{6}$ Zoll iſt, ſo wird der in das Inſtrument eingehende Schall in dem Verhältniſſe, wie $\frac{1}{36}$ zu xx verſtärket. Es ſei die Weite des Gegenſtandes, von dem man den Schall hören will, = z Fuße, ſo ſage ich, das Inſtrument wird eben ſo viel bewirken, als wenn man ohne Inſtrument den Schall in einer Weite von $\frac{z}{6x}$ Fuß hörete. Denn der Schall wird ſchwächer im Verhältniſſe des Quadrats der Entfernungen. Wenn alſo das Inſtrument den Schall näher bringen ſoll, ſo muß es ihn in dem umgekehrten Verhältniſſe der Quadrate der Entfernungen verſtärken. Nun verſtärkt es ihn in unſerm Beiſpiele wirklich im Verhältniſſe der Quadrate von $\frac{1}{6}$ und von x, alſo müſſen die Entfernungen ſich verhalten, wie x zu $\frac{1}{6}$, oder wie 6 zu 1. Geſetzt alſo, zum Beiſpiele, x wäre = 1 Fuß = 12 Zolle, ſo iſt 6 x = 72 Zolle. Kann nun irgend ein Menſch auf eine Weite von 400 Fuß verſtanden werden, ſo wird er mittelſt dieſes Inſtruments auf eine Weite von 72 mal 400 oder von 28800 Fuß verſtanden werden können. Es iſt klar, daß die Axe CP gegen den ſprechenden Menſchen gerichtet ſein muß, und in dem ganzen Striche zwiſchen dem

Menſchen und dem Hörrohre muß kein anderes Geräuſch gemacht werden, weil man ſonſt Alles durch einander und verworren hören würde.

§. 71.

Man kann auch dieſen Inſtrumenten die Kegel-Geſtalt geben, aber dann muß man auf das Acht haben, was oben (§. 23) geſagt worden, nämlich daß der Schall nicht früher wieder umkehret, bevor er das Ohr erreicht hat. Es ſei
Fig. 11.
ACB der Kegel, CD ſeine Axe. Man ziehe AR parallel mit der Axe, der Strahl RA wird nach und nach in b, c, d, e reflectiret werden. Es ſei der Winkel ACD $= \varphi$, ſo hat man

$$CAb = \varphi$$
$$AbB = 3\varphi = cbC$$
$$bcA = 5\varphi = dcC$$
$$cdB = 7\varphi = edC$$

u. ſ. f.

Es wachſen demnach die Reflexions-Winkel, wie die ungeraden Zahlen, und der letzte, den man noch zulaſſen darf, muß noch nicht völlig $90°$ haben. Nehmen wir an, daß dieſes der Winkel Ced iſt, ſo muß man den Kegel in e abſchneiden, weil in dieſer Stelle aller in den Kegel durch AB einfallende Schall zugleich in das Ohr eingehet. Man kann auch den Kegel in d,

c, b

c, b abſchneiden, oder in irgend einem andern Punkte zwiſchen e und A. Der Unterſchied, der dann Statt findet, iſt, daß dann mehrere Strahlen, ohne reflectirt worden zu ſein, in das Ohr gehen. Aber, da dann die Oeffnung größer wird, ſo fragt es ſich, ob ſie das ſein kann.

§. 72.

Es ſei $(2n + 1)\varphi < 90°$, ſo hat man (§. 25)

$$Ce = \frac{CA . Sin. \varphi}{Sin. (2n + 1)\varphi}$$

den Halbmeſſer der Oeffnung

in $A = CA . Sin. \varphi$,

in $e = Ce . Sin. \varphi$.

Folglich wird der Schall in dem Verhältniſſe, wie Ce^2 zu CA^2 verſtärket, und der Kegel wird den Schall in dem Verhältniſſe, wie CA zu Ce näher bringen.

§. 73.

Macht man nun, wie oben (§. 68), den Halbmeſſer der Oeffnung in $e = \frac{1}{6}$ Zoll, ſo hat man

$$Ce . Sin. \varphi = \frac{1}{6}''$$

und folglich (§. 72)

$$Ce = \frac{1}{6 Sin. \varphi} = \frac{CA . Sin. \varphi}{Sin. (2n + 1)\varphi}$$

alſo

$$CA = \frac{\text{Sin.}\,(2n + 1)\,\varphi}{6\,.\,\text{Sin.}\,\varphi^2}$$

§. 74.

Dieſe Formel beſtimmt die Länge AC durch den Winkel ACD $= \varphi$, oder dieſen Winkel durch die Länge. Ferner, da der Schall in dem Verhältniſſe, wie CA zu Ce näher gebracht wird, ſo ſiehet man, daß dieſes Verhältniß die Proportion giebt

$$CA : Ce = \text{Sin.}\,(2n + 1)\,\varphi : \text{Sin.}\,\varphi\,.$$

Und das beſtimmt den Winkel φ, wenn man die Abſicht hat, durch ein kegelförmiges Rohr den Schall in einem gewiſſen Verhältniſſe näher zu bringen. Da der Winkel $(2\,n + 1)\,\varphi$ nicht über 90° haben darf, ſo erhellet, daß es wohl gethan ſei, ihn = 90° zu nehmen; und alsdann iſt bloß

$$CA : Ce = 1 : \text{Sin.}\,\varphi\,.$$

Geſetzt, der Schall ſollte 100mal ſtärker gehört werden, ſo wird er in näher gebracht in dem Verhältniſſe, wie

$$CA : Ce = 10 : 1$$

und folglich iſt

$$\text{Sin.}\,\varphi = \tfrac{1}{10} = 0{,}100000$$

$$\varphi = 5^\circ\,45',$$

$$2\varphi = 11^\circ\ 30' = ACB$$

$$CA = \frac{1}{6 \,.\, \text{Sin.}\ \varphi^2} = \frac{100}{6} = 16\tfrac{2}{3}\ \text{Zolle.}$$

$$Ce = \frac{1}{6 \,.\, \text{Sin.}\ \varphi} = \frac{10}{6} = 1\tfrac{2}{3}\ \text{Zolle.}$$

$$Ea = 16\tfrac{2}{3} - 1\tfrac{2}{3} = 15\ \text{Zolle.}$$

§. 75.

Macht man alſo allgemein $(2n+1)\,\varphi = 90^\circ$, ſo hat man

$$Ce = \frac{CA \,.\, \text{Sin.}\ \varphi}{\text{Sin.}\, 2\,(2n+1)\,\varphi} = CA \,.\, \text{Sin.}\,\varphi,$$

das heißt, Ce iſt = AE.

Dieſes kommt auf das hinaus, was wir von den kegelförmigen Sprach-Röhren (§. 51 und 52) gezeigt haben. Der Kegel ACB iſt in einem Cylinder, der Ce = AE zum Halbmeſſer hat, beſchrieben. Die ganze hier obwaltende Verſchiedenheit iſt, daß die Mund-Oeffnung und folglich auch alle die andern Maße $4\frac{1}{2}$ mal kleiner ſind. Denn der Durchmeſſer der Mund-Oeffnung iſt hier höchſtens $\frac{1}{3}$ Zoll, anſtatt daß er für die Sprachröhre nicht unter $1\frac{1}{2}$ Zoll betragen darf.

§. 76.

Ich werde meine Abhandlung mit einer Bemerkung über die Art, wie ich oben die Verſtär-

kung des Schalles durch das Sprach-Rohr herausgebracht habe, beſchließen. Ich habe (§. 53) geſagt, daß der Schall ſtärker wird in dem Verhältniſſe, wie das Quadrat der Chorde GE zu dem Quadrate der Chorde GT. Dieſe ſetzet voraus, daß bei dem Reden der Schall ſich überall gleichförmig in einer Halbkugel ausbreitet. Dieſe Vorausſetzung kann ſehr leicht in aller Strenge nicht wahr ſein, und wahrſcheinlich hat man davon Etwas nachzulaſſen. Indeſſen, da der Schall, bevor er durch die Lippen gehet, in den Höhlungen des Mundes Reflexionen leidet, die nicht berechnet werden können, ſo habe ich bloß an das erwähnte Verhältniß, als an ein Maximum gehalten. Uebrigens in dem Falle, da der Schall von einer Schall-Fläche ausgehet, wie zum Beiſpiel bei einer Trommel, einer Klocke, und dergleichen, verhält es ſich wahrſcheinlich, wie mit dem Lichte; da kommt nämlich der Emanations-Winkel, den ich in meiner Photometrie erklärt habe, in Rechnung, und der Schall wird ſchwächer in dem Verhältniſſe des Sinus dieſes Winkels. Das ändert das Verhältniß GE zu GT in das, wie Sin. ECG zu Sin. CT um, oder in das, wie EC zu AB.

§. 77.

Man kann ſich zu dieſem Verhältniſſe halten, wenn man lieber zu wenig als zu viel rechnen will. Ich will mich deſſelben noch bedienen, um in einer Tafel die verſchiedenen Proportionen aufzuführen, die man kegelförmigen Sprach-Röhren geben kann. Zu dem Ende werde ich den Durchmeſſer der Mund-Oeffnung ED mit 1 bezeichnen, und den Durchmeſſer AB nach und nach mit 2, 3, 4, 5, 6, u. ſ. w. Und dieſe Zahlen werden zugleich das Verhältniß von ED zu AB ausdrücken, das ich kurz zuvor angeführt habe. Da nun

TV — AB, CF = BF = AF ſein muß, ſo hat man

$$CG : ED = CF : AB.$$

oder

$$\tfrac{1}{2} AB : ED = (GF + \tfrac{1}{2} AB) : AB$$

Es iſt alſo

$$GF = \frac{AB\,(AB - ED)}{2\,ED}$$

und dieſes giebt, wenn man ED = 1 ſetzet,

$$GF = \tfrac{1}{2} : AB\,(AB - 1)$$

Folglich iſt GF eine Trigonal-Zahl in Beziehung auf die Seite AB — 1. Man wird alſo für ED = 1 in ganzen Zahlen haben:

AB	GF
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
8	28
9	36
10	45
11	55
12	66
13	78
14	91
15	105
16	120

u. ſ. f.

Erſter Zuſatz.

Von dem ſo genannten Horne Alexanders des Großen.

Man erinnert ſich aus Herrn Beckmanns Geſchichte des Sprachrohres *), daß Kircher in ſeiner Ars magna lucis et umbrae, und in ſeiner Phonurgia erzählet:

„Er habe in einem ſehr alten auf der Vaticaniſchen Bibliothek vorhandenen Manuſcripte, betitelt Secreta Ariſtotelis ad Alexandrum magnum, unter andern die Nachricht von einem auffallend großen Horne, deſſen ſich Alexander der Große auf ſeinen Feldzügen bedient haben ſolle, gefunden. Es ſoll nämlich dieſes Horn den Schall ſo verſtärkt haben, daß Alexander damit ſeine Armee, wenn ſie zwei und eine viertel Deutſche Mei-

*) Beyträge zur Geſchichte der Erfindungen von Johann Beckmann. 1ſten Bandes 4tes St. Art. 1. S. 455.

le um ihn her zerſtreuet gelegen hätte (centum ſtadia, deren acht eine Italiäniſche Meile, von denen fünf eine Deutſche Meile ausmachen), zuſammen gerufen habe. Was die Größe deſſelben betrifft, ſo ſoll es fünf cubitos im Durchmeſſer (wahrſcheinlich im innern) enthalten haben.“

Die von Kircher aus jenem Manuſcripte copirte Figur trifft mit Fig. 12 unſerer Kupfertafeln überein. Man ſiehet aus derſelben, daß es ein doppeltes Horn, jedes nach einem Halbkreiſe gekrümmt, war, ſo mit den engern und weitern Oeffnungen zuſammengeſtoßen, daß das Ganze einen ungleich dicken hohlen Ring formirte, in welchem, diametral entgegengeſetzet, zwei Oeffnungen ſich befanden, eine kleinere in der engſten Stelle des Ringes zum Hineinſprechen, und eine größere in der weiteſten Stelle deſſelben zum Ausgehen des hineingeſprochenen Schalles. Wenn in Kirchers Zeichnung die Dimenſionen richtig gegen einander proportioniret ſind, und man annimmt, daß der innere Kreis fünf cubitos (deren jeder $1\frac{1}{2}$ Rheinländiſche Fuße beinahe iſt) alſo $7\frac{1}{2}$ Fuß Rheinländiſches Maßes enthält, ſo wäre das gedachte Horn in der engſten Stelle ab $\frac{1}{2}$ Fuß, und in der weiteſten Stelle cd 2 Fuß weit geweſen.

Herr Beckmann ſagt: Viele hätten dieſes Horn für das älteſte Sprachrohr gehalten; aber, wie er glaube, ohne Grund. Was ihn zu dieſer verneinenden Behauptung veranlaſſe, ſeien folgende vier Umſtände, welche mir hier anzuführen verſtattet ſeyn wird, ehe ich das, was ich über dieſe Materie zu ſagen habe, vortrage.

„Erſtlich, ſagt Herr Beckmann, iſt es gewiß, daß das Buch ſelbſt, alſo die ganze Erzählung nicht von dem Ariſtoteles iſt, wie man denn auch bei den Schriftſtellern, welche des Alexanders Thaten beſchrieben haben, nicht die geringſte Erwähnung eines ſolchen Horns findet. Zweitens, iſt in jenem Buche nicht ausdrücklich geſagt worden, daß Alexander durch dieſes Horn geſprochen, ſondern nur, daß er damit ſein Heer zuſammengerufen habe, welches aber in den damaligen Zeiten, ſo wie in den jetzigen, durch den Schall der Trompeten, oder der Trommeln geſchahe. Es ſcheinet alſo, daß der Verfaſſer des Buches, vielleicht ein Araber, die Abſicht gehabt habe, daß ſeine Leſer ſich ein ungewöhnlich ſtark und außerordentlich weit ſchallendes Horn denken ſollten. Drittens, kömmt Kirchers Erzählung und Abzeichnung des Horns gar nicht mit demjenigen überein, welche Morhof in des Achillinus Ausgabe gefunden hat. Endlich viertens, iſt

keine dieſer Zeichnungen ſo beſchaffen, daß ein darnach verfertigtes Werkzeug zum Sprechen dienen könne.“

Zu dieſen vier Punkten fügt Herr Beckmann nachher noch folgendes hinzu:

„Man könnte fragen, ob denn nicht Jemand ſich ein Inſtrument nach jener Zeichnung habe machen laſſen?“ Dieſes ſei von Kirchern nicht geſchehen, ſollte aber, nach *du Hamels* Erzählung von einem Franzoſen, Namens *d'Alance*, geſchehen ſein. Herr Beckmann meint aber, „dieſe Nachricht ſei nicht viel werth, da man zweifeln müſſe, ob der Franzoſe auch das Werkzeug genau nach der alten Zeichnung habe machen laſſen?“

Ich will über die drei erſten der von Herrn Beckmann angeführten Gründe mich nicht umſtändlich erklären, weil meine Abſicht iſt, vornehmlich über den vierten Grund und über die Frage einige Gedanken, welche vielleicht nicht mir allein dabei eingefallen ſind, mitzutheilen. Ich werde mich daher in Rückſicht jener nur auf folgende Bemerkungen einſchränken.

„Daß in dem gedachten Buche nicht ausdrücklich geſagt worden, daß Alexander durch dieſes Horn geſprochen habe“ würde nur dann eine Behauptung von Wichtigkeit ſeyn, wenn Herr

Beckmann nicht ſelbſt verſicherte: er habe Ariſtotelis Secreta ad Alexandrum magnum nie zu ſehen Gelegenheit gehabt; und wenn das Kircherſche Wort convocare nicht ſo vieldeutig wäre, daß es ſo wohl für als gegen das Sprechen durch das gedachte Horn einen Beweis abgeben könnte.

„Daß Kirchers und Morhofs Nachrichten von dieſem Horne nicht wörtlich und in den Nebendingen übereinſtimmen“, iſt nicht zu läugnen. Daß ſie aber in der Haupt-Sache gar nicht von einander verſchieden ſind, iſt offenbar. Beide führen die nämliche Wirkung deſſelben an: daß es außerordentlich weit, weiter als jedes andere bekannte Inſtrument den Schall verſtärket fortgeſendet habe, und daß Alexander es gebraucht habe, um ſeine um ihn her cantonnirenden Truppen zuſammen zu beordern; und Morhofs Nachricht ſetzet noch hinzu: daß das Materiale, aus welchem das Horn verfertigt geweſen, eine ſtark klingende Metall-Compoſition geweſen ſey.

Indeſſen, wenn uns die hiſtoriſchen Gründe in Ungewißheit laſſen, ob wir das Schall-Horn, oder den Schall-Ring, von dem die Rede iſt, es ſey nun von Alexander, oder in ſpätern Zeiten von Jemand anderm gebraucht worden, für das älteſte Sprachrohr, von welchem man Nachricht hat, halten können; ſo bleibt uns nichts an-

ders übrig, als, mit Verzichtthuung auf die gewiſſe Behauptung der geweſenen Wirklichkeit, zur Unterſuchung der Gründe der Möglichkeit unſere Zuflucht zu nehmen. Zeigt es ſich dann bei dieſer, daß ein Werkzeug von der beſchriebenen Form ſchlechterdings als Sprachrohr nicht hat dienen können; ſo iſt ausgemacht, daß es keines geweſen, und daß das erwähnte Horn vielleicht niemals einem Alexander zum Commandiren, aber wohl einigen Schriftſtellern zum gelehrten Windmachen, gedient habe; einem Zwecke, zu welchem manche neuere Schriftſteller, zwar auch Hörner, aber keine ſo künſtlichen, gebrauchen.

Und hier kommen wir dann auf den vierten Punkt, welchen Herr Beckmann zum Beweis-Grunde ſeiner verneinenden Behauptung angeführet hat, nämlich:

„Keine der Zeichnungen von dem Horne wäre ſo beſchaffen, daß ein darnach verfertigtes Werkzeug zum Sprechen dienen könne.“

Es verſtehet ſich von ſelbſt, daß hier „Sprechen“ ſo viel heißt, als: das Hineingeſprochene auf eine größere Weite, als die natürliche Kraft eines Menſchen reichet, verſtändlich hörbar machen.

Wenn nun aber ein Werkzeug hiezu dienen ſoll, ſo muß es zweierlei leiſten:

Erſtlich, die empfangenen Worte lauter, als ſie hineingeſprochen wurden, wieder von ſich geben, und

Zweitens, dieſen verſtärkten Schall der Worte ſo von ſich geben, daß er vornehmlich nur in die beabſichtete Gegend gelange, ohne ſich rund umher merklich auszubreiten, und dadurch ſchwächer zu werden.

Da mir des Morhofs Zeichnung nicht zur Hand iſt, ſo kann ich bloß von derjenigen, welche Kircher in ſeiner Ars magna lucis et umbrae gegeben hat, urtheilen; und, wenn ich dieſe nach den ſo eben vorangeſchickten Erforderniſſen prüfe, ſo bieten ſich mir Gründe dar, ſo wohl der Behauptung des Herrn Beckmanns Recht zu geben, als auch ihr zu widerſprechen.

Denn, was braucht es mehr, als die Figur 12 anzuſehen, um zu bemerken, daß der Schall, er ſei artikuliret, oder nicht, welcher bei b hineingehet, bei der allmählichen Erweiterung der innern Höhlung des ringförmigen Rohres auf beiden Seiten nothwendig verſtärket werden muß, und ſo lauter in c gehört werden kann? Nichts iſt gewiſſer, als dieſes, und es wäre überflüſſig, hier den theoretiſchen Grund hinzuzufügen, da die bloße Wahrnehmung der den gewöhnlichen Sprachröhren ähnlichen Bauart hinreichend iſt.

Aber eben ſo lehret auch die bloße Betrachtung der Figur, daß die in den beiderſeitigen Hörnern entſtehenden mancherlei Schall-Reflexionen ſich großentheils in der Linie cd oder eigentlich in der durch die Linie cd zu denkenden auf des Hornes Axe *) ſenkrechten Ebene begegnen und gegenſeitig ihre Wirkungen vermindern werden. Hieraus erhellet, daß in c der bei b hineingeſprochene Schall zwar lauter, aber doch nicht, wie man anfangs erwartet hätte, ſo viel beträchtlich lauter, gehört werden wird. Indeſſen behielte doch das Horn, troz dieſer in ſich ſelbſt enthaltenen Verminderung ſeiner Verſtärkungs-Fähigkeit, immer noch die erſte Eigenſchaft eines Sprachrohres, weil in c immer eine große Menge von Schall-Reflexionen aus allen Stellen des Horns zuſammentreffen werden.

Nun kommt es aber ferner darauf an, daß bei c eine größere Oeffnung als bei b ſei, wenn der in dem Horne verſtärkte bei c ausgehende Schall, entfernt von dem Horne lauter und deutlich gehört werden ſoll: denn ſonſt kann dieſes

*) Unter Axe verſtehe ich hier einen Kreis, welcher genau durch die Mitte der innern Höhlung des ringförmigen Horns gehet, ſo daß alle Mittelpunkte der auf dieſen Kreis ſenkrechten kreisförmigen Querſchnitte der Höhlung in gedachtem Kreiſe liegen.

Werkzeug wohl als Hörrohr, wenn vor die Oeffnung in c das Ohr angehalten wird, aber nicht als Sprachrohr, dienen. Dahingegen, wenn die Oeffnung in c beträchtlich viel größer, als die in b, zu welcher hineingeſprochen wird, iſt, der Schall um ſo viel verſtärkter aus dem Horne in die umgebende Luft übergehen muß, je mehr Schall-Reflexionen durch die größere Oeffnung ins Freie kommen.

Nun iſt freilich in der Zeichnung die Mündung in c nicht viel größer, als die in b, und dadurch die Behauptung des Herrn Beckmann einigermaßen begünſtiget.

Eine ähnliche Bewandniß hat es hier in Abſicht auf das zweite Erforderniß eines Sprachrohres, da es nämlich den verſtärkten Schall ſo von ſich ins Freie geben muß, daß er vornehmlich nur in die beabſichtete Gegend gelange, ohne rund umher weit gehört werden zu können. Denn dieſes zu bewirken, müſſen die aus der Mündung des Sprachrohres ausgehenden Schall-Strahlen ſo viel möglich einerlei, oder eine parallele Richtung haben, in der ſie länger beiſammen bleiben, ohne ſich rund umher von einander abzulenken. Dieſes könnte nun nicht Statt finden, wenn der Schall durch ein bloßes Loch in der Gegend c das Horn verließe; denn dann würde er ſich ſogleich

eben ſo rund umher ausbreiten, als wenn er aus dem Munde eines Menſchen natürlich ausfähret. Zu dem Ende müßte auf der Oeffnung c ein Trichter oder kegelförmiges Rohr aufgeſezt ſeyn, welches die plözliche Ausbreitung der Schall-Strahlen durch neue Reflexionen verhindert.

Ein ſolcher Trichter findet ſich nun wirklich in der Zeichnung, wiewohl, da er nur klein iſt, er gedachtes Erforderniß des Sprachrohres nur wenig erfüllen und ſo gleichfalls des Herrn Beckmanns Behauptung einigermaßen begünſtigen kann.

Aber man darf freilich nur ſagen: Einigermaßen. Denn aus den bisherigen Betrachtungen erhellet doch ſo viel, daß es nicht unmöglich ſei, ein Sprachrohr nach Kirchers Zeichnung zu verfertigen; und daß nur ein genau darnach verfertigtes nicht alle Vollkommenheiten ſeiner Art, die es haben könnte, beſitzen würde. Hiezu kommt noch die gewiß nicht unwahrſcheinliche Vermuthung, welche ſich uns bei dem Anblick der Figur nach jenen Betrachtungen gleichſam von ſelbſt aufdringet, daß vielleicht die Zeichnung des Horns in jenem alten Manuſcripte aus freier Hand, ohne Genauigkeit und ohne Beobachtung einer richtigen Proportion der Theile, flüchtig beigemahlt geweſen ſeyn kann; und daß bei Kir-

chers

chers Copirung derſelben leicht auch ein Verſehen dieſer Art ſich mit eingeſchlichen haben mag, obgleich er verſichert, er habe ſie, wie er ſie in dem Manuſcripte gefunden, mitgetheilet *).

Ja, noch mehr, weil weder Kircher, noch Morhof eine vollſtändige Beſchreibung des erwähnten Horns, welche vielleicht auch das Manuſcript nicht einmal enthalten mag, geben, und beide kein Wort von der Verfertigung und inwendigen Einrichtung fallen laſſen, außer daß Morhof ſagt: es ſei äußerſt künſtlich gearbeitet geweſen (mirabili artificio factum); ſo bleibet demjenigen, welcher mit der Theorie der Schall-Reflexionen bekannt iſt, ſo lange er nicht geradehin die ganze Nachricht für eine Lüge erklären und als ſolche ſeiner Aufmerkſamkeit unwürdig verwerfen will, noch eine andere Vermuthung

*) Figuram hic appono, prout in dicto libello impreſſam reperi. Wobei Herr Beckmann die Bemerkung machet: „Hier ſcheint es, als ob Kircher das Buch gedruckt geſehen habe, u. ſ. w.“ und dadurch an eine Anecdote in der Geſchichte der Optik erinnert, wo auch durch eine ähnliche Latinität, indem man ſpeculae, Warten, mit ſpecula, Spiegel, verwechſelte, die ſonderbare Erzählung entſtanden: Julius Cäſar habe auf den größern Anhöhen längs den Franzöſiſchen Küſten Spiegel aufrichten laſſen, um die Städte und Läger der Britten auf der gegenüberliegenden Küſte damit zu beobachten.

übrig, nämlich: Ob nicht etwa der Künſtler, welcher jenes Horn, von dem die Rede iſt, verfertigt hat, in der Gegend von cd eine ſolche Vor-
Fig. 12. richtung inwendig angebracht habe, daß die von beiden Seiten kommenden hier ſich begegnenden Schall-Reflexionen dadurch, ehe ſie ſich begegnen, aufgefangen und aufs neue ſo reflectiret werden, daß ſie parallel mit einander gemeinſchaftlich durch die Oeffnung des Horns in c heraus ins Freie gehen? Bei einer ſolchen Einrichtung wäre dann zwar eine weite Oeffnung, aber kein ſehr großer aufgeſetzter Trichter, unumgänglich nöthig geweſen. Eine ſolche Vorrichtung konnte aus ein Paar elaſtiſchen Blechen beſtehen,
Fig. 13. welche von der Form, wie Fig. 13 im Profile zeiget, über die Stelle d inwendig ſo befeſtigt worden, daß ſie mit ihren Rändern dicht an die Wand des Horns anſchloſſen und nach der Oeffnung hinunter in der Mitte derſelben in einer ſcharfen geraden Kante zuſammenſtießen. War das Horn gegoſſen, ſo konnte eine ſolche Vorrichtung ſogleich mit angegoſſen ſeyn.

Es iſt nicht dem geringſten Zweifel unterworfen, daß eine ſolche innere Anordnung des gedachten Horns möglich ſey; und man iſt daher genöthigt, den Schluß zu machen,

daß ſich allerdings nach Kirchers Zeichnung von dem ſo genannten Horne Alexanders des Großen, mit Hülfe einiger Räſonnements und Kenntniß von der Theorie der Sprachröhre, ein Werkzeug verfertigen laſſe, welches als Sprachrohr keine gemeine Wirkung thun müßte, wenn man es groß genug machte; und daß ein ſolches Sprachrohr, weil es nicht ſo lang zu ſeyn brauchte, als die von gerader Kegelgeſtalt, wenn man nur ſeine Mündung in c ſo groß machte, daß der Querſchnitt derſelben dem doppelten Querſchnitte des Hornes in cd gleich ſei, vielleicht einen bequemern Gebrauch zu großen Abſichten zuließe.

Doch, dieſer Schluß, gegen welchen eine geſunde Logik hoffentlich nichts einzuwenden haben wird, iſt bloß eine Folge der bisherigen theoretiſchen Betrachtungen. Da nun aber unſere Kenntniſſe, beſonders, wenn ſie Gegenſtände betreffen, welche ſich in der Sinnenwelt ausführen laſſen, nur erſt vollſtändige Gewißheit für uns erhalten, wenn wir ſie auch als Reſultate wirklicher Erfahrungen betrachten können; ſo wird man vielleicht wünſchen, daß ich jene meine Behauptung durch Erfahrungen möchte beſtätigen können; und ſo werde ich ganz natürlich auf Herrn Beckmanns

Frage geleitet: Ob denn nicht Jemand ſich ein Inſtrument von dieſer Form habe machen laſſen?

Hier führet nun Herr Beckmann ſelbſt aus du Hamels operibus philoſophicis die Nachricht an, daß d'Alance einen ſolchen Verſuch gemacht habe und zwar mit erwünſchtem Erfolge, denn du Hamel ſagt ausdrücklich: nam id genus tubae caetera in hanc rem fabricata inſtrumenta, ſi minus ſuperare, aequare certe videtur. Daß Herr Beckmann dieſe Nachricht aber verwirft, weil man zweifeln müſſe, ob auch der Mann das Werkzeug genau nach der alten Zeichnung gemacht habe, iſt nicht recht, da du Hamel, ein ſonſt glaubwürdiger Schriftſteller, es ausdrücklich ſagt, und es eine ausgemachte Sache iſt, daß der Gebrauch aller Zeichnungen zur Ausführung cum grano ſalis geſchehen muß.

Indeſſen, ſo befriedigend auch der Verſuch des d'Alance jedem Uneingenommenen ſcheinen muß; ſo will ich doch zu der Nachricht hievon die Erzählung eines Verſuches, welchen ich ſelbſt hierüber angeſtellet habe, hier noch mittheilen, das dabei gebrauchte Sprachrohr umſtändlich beſchreiben und von dem Erfolge Nachricht geben.

Ich ließ durch einen hieſigen Klempner von weißem Bleche ein Sprachrohr, nach Art des Fig. 14. ſo genannten Horns Alexanders des Großen in

der Form verfertigen, wie man aus der 14ten Figur ſiehet. Der Durchmeſſer des innern Kreiſes ab enthält 4 Rheinländiſche Fuß. Bei c und d iſt das ringförmige Rohr am engſten und 2 Zolle im Durchmeſſer, bei e und f aber am weiteſten und 8 Zolle im Durchmeſſer weit. Um das Inſtrument bequemer transportiren zu können, habe ich es aus mehrern Stücken, welche zuſammengeſchoben und aus einander gezogen werden können, zuſammenſetzen laſſen. Auf dieſe Weiſe beſtehet es aus den beiden Haupt-Hörnern cae und dbf, aus dem größern Mittelſtücke ehf, aus dem großen Mündungsſtücke hk, aus dem kleinern Mittelſtücke cgd, und aus dem Mundrohre gl. Dieſes Mundrohr iſt bei g 2 Zolle, bei l nur 1½ Zolle weit und 12 Zoll lang. Das größere Mittelſtück tritt 6 Zoll hoch über den Ring vor, iſt überhaupt weiter als jedes der Hörner bei e und f, und bei h 11 Zoll weit, ſo daß die Fläche des Querſchnittes in h doppelt ſo viel Quadrat-Zolle enthält als die Fläche des Querſchnittes jedes Horns bei e und f. So wohl dieſes größere Mittelſtück, als auch jenes kleinere haben inwendig elaſtiſche Schall-Bleche von ſehr dünnem Meſſing in der Lage, wie die punktirten Linien angeben. Die Schall-Bleche in dem kleinern Mittelſtücke dienen, die durch das Mundrohr

eingeſprochenen Schall Strahlen beſſer und gleich-förmiger in die Hörner zu beiden Seiten hinein zu reflectiren; und die Schall-Bleche in dem größern Mittelſtücke fangen die aus den Hörnern von jeder Seite kommenden Schall-Reflexionen ſo auf, daß ſie nun durch die Bleche, ohne ſich gegenſeitig zu hindern, gerade heraus durch die Mündung h und durch das Mündungsſtück hk reflectiret werden. Dieſes Mündungsſtück iſt 3 Fuß lang, bei h 11 Zoll und bei k 28 Zoll im Durchmeſſer weit. Es ſollte nach meiner Vorſchrift die Form eines geraden abgekürzten Kegels haben. Der Künſtler fand aber für gut, ihm die Geſtalt einer Art von Glocke oder eines paraboliſchen Körpers zu geben, und glaubte, das Inſtrument gewinne dadurch ein ſchöneres Anſehen. Da mir an dieſem Mündungsſtücke bei dem beabſichteten Zwecke nicht hauptſächlich gelegen war, ſo habe ich dem Verſchönerungs-Eigenſinne des Künſtlers vor der Hand mit der Rechthaberei der Theorie nicht trotzen mögen. Es wird aber wahrſcheinlich noch geſchehen.

Um dieſes ziemlich große Inſtrument zum Gebrauch aufzuſtellen und zu regieren, bediene
Fig. 15. ich mich eines Geſtelles von der Geſtalt, wie Fig. 15. im Kleinen darſtellet. c iſt eine halbkreisförmig ausgehöhlte, 3 Zoll dicke, 5 Zoll breite hölzerne

Krücke, mit einer 18 Zoll langen, 2 Zoll dicken Schraube verſehen, mittelſt welcher ſie über die Scheibe des dreibeinigen Schemmels ab auf und nieder geſchroben werden kann. In die Höhlung der Krücke c wird der einpaſſende Hals des Sprachrohrs bei h eingelegt, und damit es bei dem Mundrohre gl nicht beſonders mit der Hand gehalten zu werden brauchet, wenn ihm einmal die nöthige Richtung gegeben worden, ſo bediene ich mich noch der kleinern Krücke, welche in der 16ten Figur abgebildet worden; dieſe wird ſchräg Fig. 16.
in die Erde geſteckt und umfaſſt mit ihrer Höhlung x das Mundrohr bei g. Die $4\frac{1}{2}$ Fuß langen Beine des Schemmels laſſen ſich aus- und einſchrauben. Auf dieſe Weiſe läſſet ſich das Inſtrument, ſtückweiſe auseinander genommen mit dem Geſtelle, eben ſo behandelt, durch höchſtens drei Perſonen ſehr leicht und mit großer Bequemlichkeit transportiren, aufſtellen und handhaben, wie man will.

Was nun die Wirkſamkeit dieſes Werkzeuges anbelangt, ſo habe ich daſſelbe nicht bloß in dem Zimmer als ein ſehr lautſchallendes Sprachrohr, und umgekehrt als ein ſehr wirkſames Hörrohr, welches in beiden Fällen die hineingeſprochenen Worte auf das deutlichſte verſtehen läſſet, befunden; ſondern habe es auch im freien Felde

aufgeſtellet und in der Geſellſchaft einiger hier ſtudierenden Jünglinge Verſuche im Freien damit angeſtellet.

Auch hier wirkte es als ein ſtarkes Sprachrohr, indem man in einer Ebene, in einer Entfernung von 1500 Schritten, die hineingeſprochenen Worte einer mit mäßiger Anſtrengung redenden Perſon noch völlig deutlich verſtehen konnte, bei einem ziemlich heftigen Winde, welcher die Richtung, in welcher geſprochen wurde, faſt quer durchſchnitt. Auch, wenn man das große Mündungsſtück abnahm, war die nämliche Wirkung auf eine Weite von 1200 bis 1300 Schritten.

Es muß noch bemerkt werden, daß, da dieſes Inſtrument von einem gewöhnlichen Klempner gemacht worden, es nichts weniger als durchgängig accurat gerundet und glatt gearbeitet worden iſt, ſo, daß eine Menge Schall-Reflexionen unordentlich und ſich verwirrend geſchehen; und, da es überdem nicht aus dem Ganzen gemacht iſt, ſondern an ſechs Stellen Zuſammenfügungen hat, wo die in einander geſchobenen Stücke natürlich nicht aufs genaueſte paſſen, daß bei dieſen Mängeln der Conſtruction ſeine Wirkſamkeit nothwendig geringer ſeyn muß, als ſie ſeyn würde, wenn die Arbeit recht accurat wäre, und das ganze Inſtrument aus einem einzigen unzer-

trennlichen Stücke, ohne Seitenfugen, beſtände. Auch müſſte es noch mehr leiſten, wenn es, ſtatt von Eiſenblech, von Kupferblech oder von Meſſingblech verfertigt wäre. Es aber davon verfertigen zu laſſen, würde mir zu koſtbar geworden ſeyn, da ich nicht in der Lage und der Verfaſſung bin, daß meine Verſuche den erhabenen Zweck haben könnten, einem Alexander das Commandiren ſeiner Armee zu erleichtern. Ich muß mich hier mit dem Bewußtſeyn begnügen, einen Irrthum in der Geſchichte der Phyſik aufgeklärt zu haben.

Vergleichet man die hier erzählte Wirkung meines hier beſchriebenen Sprachringes, wie ich es lieber, ſtatt Sprach-Rohres, nennen will, mit der geprieſenen Wirkſamkeit des ſo genannten Horns Alexanders des Großen; ſo wird man freilich noch einen großen Unterſchied zwiſchen 1500 Schritten und $2\frac{1}{4}$ Deutſchen Meilen oder 27000 Schritten bemerken. Indeſſen wird dieſer weniger befremden, wenn man erwägt, daß jenes alte Horn faſt noch einmal ſo groß, als das meinige, im Umfange geweſen ſeyn ſoll, und nach Kirchers Zeichnung dreimal im Durchmeſſer, d. i. neunmal im Querſchnitte, weiter durchgängig geweſen zu ſeyn ſcheinet; ferner daß jenes von einer ſtarkklingenden Metall-Compoſition und

wahrſcheinlich aus dem Ganzen, auch gegoſſen geweſen, ſtatt, daß das meinige von zuſammengelöthetem wenig tönenden Eiſenblech-Streifen verfertigt iſt, und aus in einander geſchobenen Stücken beſtehet; und endlich, daß jenes ſehr accurat gearbeitet geweſen ſeyn ſoll, das meinige aber in dieſer Rückſicht nicht tadelfrei iſt. Gleichwohl kann man, ohne jenes alte Manuſcript, aus welchem Kircher ſeine Nachricht genommen hat, ſelbſt zu leſen, nicht beurtheilen, mit welcher Zuverläſſigkeit man die Angabe jener Wirkſamkeit zu glauben Urſache habe.

Noch muß ich, um die Nachricht von meinem Verſuche vollſtändig zu machen, hinzuſetzen, daß ich auch ein ſolches großes Mittelſtück, efh, welches keine Schall-Bleche hat, habe verfertigen laſſen. Wenn dieſes, ſtatt jenes mit den Schall-Blechen, eingeſetzt wurde, ſo zeigte ſich dennoch das Inſtrument als ein Sprach-Rohr von beträchtlicher Wirkung, obgleich nicht, wie begreiflich, von ſo guter, als wenn das Mittelſtück mit den Schall-Blechen eingeſetzt war.

Zweiter Zuſatz.

Erfahrungen über ein Sprachrohr von elliptiſcher Form.

Da Herr Haſe und andere nach ihm die elliptiſche Form den Sprachröhren für ſo vortheilhaft gehalten hatten, ſo wünſchte ich, mich durch die Erfahrung zu überzeugen, welche Vortheile ſich davon erwarten ließen, um ſo mehr, da nach Herrn Lamberts Theorie die Ausſicht auf jene Vortheile ſehr vermindert worden iſt.

Zu dem Ende ließ ich durch einen hieſigen Klempner von weißem Eiſenblech ein Sprachrohr von ſolcher Form, wie Fig. 17 zeiget, verfertigen. Die längere Axe deſſelben ab enthält 27 Rheinländiſche Zolle, die kürzere cd aber 8 Zolle. Die Brennpunkte der Ellipſe liegen in den Mittelpunkten der Oeffnungen a und b, deren jede $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmeſſer weit und kreisförmig iſt. An b iſt ein kurzes Mundſtück, den Mund feſt hineinzudrücken, angelöthet; an a aber ein 3 Zoll Fig. 17.

langes Rohr, welches in das Mund-Ende eines andern Sprachrohrs von Sturmiſcher oder Caſſegrainſcher Form paſſet. Es iſt ſo genau gearbeitet worden, als man von einem Klempner, welcher ſich Mühe giebt, erwarten kann.

Spricht man in dieſes elliptiſche Rohr allein hinein, ſo hört man, entfernt von dem Rohre, den Schall nur wenig verſtärkt, aber klingend und in einem höhern Tone.

Hält man aber ſein Ohr nahe vor das Ende a, während Jemand durch b hineinſpricht, ſo iſt der Schall, den man empfindet, ungemein laut und eindringend. Spricht in dieſem Falle die Perſon durch b ſehr leiſe hinein, ſo hört man doch alles, was ſie ſagt, ungemein deutlich, und lauter, als wenn jene Perſon es uns unmittelbar, ohne Rohr, in das Ohr ſagte. Doch bekommt die Ausſprache etwas Schnalziges und Klingendes, welches anfangs nicht angenehm iſt. Indeſſen empfiehlet ſich das elliptiſche Rohr auf dieſe Weiſe gebraucht als ein ſtarkes Hörrohr.

Nach dieſen Verſuchen mit dem elliptiſchen Rohre allein verband ich es mit einem von Sturmiſcher Form, indem ich daſſelbe mit dem End-Rohre bei a in das Mund-Ende des letztern hineinſteckte. Die Wirkung war nicht ſonderlich verſtärkend. Denn da das Sturmiſche Sprach-

rohr allein die Worte einer hineinredenden Perſon bis auf eine Weite von 700 Schritten trug, ſo konnte man nach Verbindung dieſes Rohres mit jenem elliptiſchen doch die hineingeſprochenen Worte eben derſelben Perſon nur höchſtens 60 Schritt weiter hören. Aber es zeigte ſich ein andrer Vortheil, welcher weſentlich iſt. Die Stimme, welche durch das Sturmiſche Sprachrohr allein etwas tief und nachtönend gehört wurde, verlor dieſe Fehler mittelſt des aufgeſteckten elliptiſchen Rohres, und ward der natürlichen Stimme der redenden Perſon faſt völlig gleich, ſo daß das Geſprochene in der Entfernung deutlicher verſtanden werden konnte. Dieſe Wirkung des elliptiſchen Sprachrohres ſcheinet nicht unerheblich zu ſein, und leiſtet bei den Sprachröhren ungefähr eben das, was das doppelte Objectivglas bei den Fern-Röhren thut.

Da ich dieſes mein elliptiſches Rohr, ſtatt des kegelförmigen Mundrohres gl, auf mein ringförmiges Sprachhorn aufſteckte, fand ich dieſelbige Wirkung, keine beträchtliche Verſtärkung, aber mehr Deutlichkeit und Natürlichkeit des Tones. Fig. 14.

Dritter Zuſatz.

Ueber die Anwendung der Sprach-Röhre zur Telegraphie.

Es iſt allgemein bekannt, welchen ernſthaften und großen Gebrauch die Franzoſen bei ihrer Eroberung der Oeſtreichiſchen Niederlande von der Telegraphie, oder der Kunſt durch Schriftzeichen, welche in großer Ferne geſehen werden können, die Nachrichten, welche wir mittheilen wollen, in wenig Minuten bis in viele Meilen weit entfernte Oerter gelangen zu laſſen, gemacht haben. Die Erfindung des Inſtruments, deſſen ſie ſich dabei bedienet haben, macht ſeinem Erfinder Herrn Chappe große Ehre, weil es von ungemein einfacher Conſtruction iſt, und doch eine große Menge Charactere darſtellen kann, deren vielfältige Combination und mannichfaltige Deutung ſie zu Chiffren einer ſehr geheimen Sprache zu machen fähig iſt: eine Eigenſchaft, durch welche es ſich von mancher in Deutſchland gemach-

ten Nachahmung ſehr vortheilhaft auszeichnet. Der Erfolg hat ſeine Brauchbarkeit hinlänglich und auf immer bewieſen. Alles, was man an dieſer Erfindung tadeln kann, iſt die Koſtbarkeit ihres Gebrauches, wegen der dazu nöthigen guten Fernröhre, und die Mangelhaftigkeit, welche ſie ihrer Natur nach mit allen Telegraphen, welche ſich ſichtbarer Zeichen zur Mittheilung der Nachrichten bedienen, gemein hat, daß man bei trüber Luft Verzicht auf ihren Gebrauch machen muß, und ſelbſt bei heller Luft des Nachts ſich ihrer nicht ohne eine die Koſtbarkeit erhöhende Vorrichtung bedienen kann.

Es iſt eben ſo bekannt, mit welcher Mühe Scharfſinn und Sucht nach Glück ſich in andern Ländern, beſonders in Deutſchland, beeifert haben, auch Telegraphen auszuſinnen. Mir deucht aber, die meiſten dieſer Erfindungen haben das Schickſal gehabt, daß ihre Urheber die darauf verwendete Zeit verloren und ſich in der Hoffnung einer Belohnung von den Großen getäuſcht geſehen haben. Welchen es noch am glücklichſten gegangen zu ſein ſcheinet, die haben die Ehre gehabt, durch pedantiſche Schmeicheleien einigen Gottheiten dieſer Erde einen kurzen Zeitvertreib zu machen. Ob ſie aber durch dieſes ihnen zu gönnende Glück der an und für ſich der Cultur

des menſchlichen Geſchlechtes wichtigen Erfindung des Telegraphen mehr geſchadet, als genützt haben, iſt eine andere Frage, bei deren Beantwortung man beinahe unwillkürlich an die aeroſtatiſchen Maſchinen und an Blanchard denken muß. Auch dieſes große Product des Franzöſiſchen Geiſtes verlor durch die Spielereien, welche damit getrieben wurden, ſehr viel von der ihm gebührenden Achtung.

Auf den mancherlei Wegen, welche man gewählt hat, um ein neues telegraphiſches Mittel anzugeben, iſt doch, ſo viel ich weiß, noch Niemand auf das Sprach-Rohr verfallen. Gleichwohl ſcheinet der Gedanke an dieſes Inſtrument, deſſen Beſtimmung geradehin iſt, ſich durch daſſelbe auf größere Entfernungen, als ohne künſtliche Mittel möglich iſt, verſtändlich zu machen, bei der Vorſtellung des Zweckes, welchen die Telegraphie hat, ſehr leicht und natürlich zu ſeyn. Denn der Umſtand, daß das Sprach-Rohr die zu meldenden Nachrichten laut und öffentlich, vielen Menſchen zugleich vernehmlich, mittheilet, kann bei einigem Nachdenken als kein Grund zur Unzuläſſigkeit zur Telegraphie gelten. Denn, können nicht bei allen bisher angegebenen telegraphiſchen Maſchinen auch viele Menſchen zugleich die Manövres derſelben ſehen? Alſo ſcheinet das

Sprach-

Sprachrohr allerdings gegründete Anſprüche auf den Dienſt eines telegraphiſchen Mittels machen zu können; und es wird der Mühe werth ſeyn, zu unterſuchen, in wie fern man das Sprach-Rohr zur Telegraphie anwenden könne, was für weſentliche Vortheile es dabei zu leiſten im Stande ſei, was für Hinderniſſe dieſe Anwendung erſchweren, ob und wie ſich dieſe heben laſſen? Ich will demnach hier als der Erſte, welcher dieſes Problem aufwirft, die Auflöſung deſſelben verſuchen, und bitte meine Leſer um Nachſicht, wenn ihnen ſelbſt vielleicht beſſere Vorſchläge dabei einfallen, als ich hier mittheilen werde. Alſo

1) Wie kann das Sprach-Rohr zur Telegraphie angewendet werden?

In Stationen, welche ſo weit von einander entfernt liegen, als die Wirkung guter Sprach-Röhre reichet und als die Lokalität der Gegend zuläſſet, werden Sprach-Röhre von ſolcher Conſtruction und ſo aufgeſtellet, daß ſie theils mit leichter Mühe nach allen Gegenden hin ſich richten laſſen, theils ruhend und bewegt nur einen mäßig großen Raum erfordern.

In dieſem Betracht würde ein gerades Sprach-Rohr, obgleich wegen der leichtern Verfertigungs-Art und der Wirkſamkeit das beſte, zu dieſem Zwecke weniger zu empfehlen ſeyn, als ein ge-

BSB MÜNCHEN

krümmtes. Denn jenes würde bei der beträchtlichen Länge, welche es haben müßte, wenn ſeine Stellung verändert, und es umgedrehet werden ſollte, einen großen Raum erfordern; und nicht allein dieſes; bei der anſehnlichen Länge deſſelben würde es ſchwer ſeyn, ſein Schwanken zu verhüten und ſeine Axe ſtets gerade und unbeweglich zu erhalten. Bei einem gekrümmten Sprach-Rohre aber, welches bei eben derſelben Länge in der Axe ſehr viel weniger Raum in der geraden Strecke einnimmt, würden jene Unbequemlichkeiten wegfallen. Auch ließe ſich ein ſolches leichter aufſtellen, regieren und richten.

Die Stationen müßten, wo möglich, auf mäßigen Anhöhen angelegt werden, damit die Schall-Schwingungen ſich freier und ohne Anſtoß ſeitwärts und unterwärts in der Luft fortpflanzen könnten. Aber mäßig müßten dergleichen Erderhöhungen nur ſein, weil dann eine größere Gleichheit zwiſchen ihnen Statt finden und von zwei zunächſt liegenden nicht die eine ſehr viel höher als die andere ſeyn würde, welches letztere darum ſchädlich wäre, weil der Schall, von oben nach unten geſprochen, unten deutlicher gehört wird, als, von unten nach oben geſprochen, oben.

Um der Erſparung der Koſten willen müßten auch die Stationen nicht einander zu nahe liegen,

damit die Zahl derſelben auf einer Strecke von funfzig bis hundert Meilen nicht zu groß würde. Je weiter ſie aus einander liegen könnten, deſto vortheilhafter wäre es in dieſer Rückſicht. Nun giebt es aber für dieſe Abſtände der Stationen zwei Beſtimmungs-Gründe, deren einer die Weite iſt, auf welche die Sprach-Röhre ſich wirkſam zeigen; die andere iſt die Beſchaffenheit der Erdfläche oder das Lokale.

Was die erſtere anbelangt, ſo müſſen Erfahrung und Theorie zugleich den Ausſpruch hier thun: die Erfahrung muß ſagen, wie weit die bei den bisher angeſtellten Verſuchen gebrauchten Sprachröhre ſich wirkſam gezeigt haben; und die Theorie muß uns lehren, wie weit wir hoffen dürfen, jene bereits erfahrne Wirkſamkeit noch auszudehnen. In Rückſicht der Erfahrung nun haben, ſo viel ich weiß, keine Verſuche ein größeres Reſultat gegeben, als diejenigen, welche die neuern Erfinder des Sprachrohrs, der Engländiſche Ritter Morland und der Italiäniſche Pater Kircher (denn ich glaube, man hat Gründe, beiden zugleich die Ehre dieſer Erfindung zugeſtehen zu müſſen) angeſtellet haben. Denn durch die trompetenförmigen Sprachröhre des erſtern ſollen ſich Perſonen, welche faſt drei Eng-

liſche Meilen (¾ Deutſcher Meile) von einander entfernt waren, aufs deutlichſte mit einander unterredet haben, ſo gar, wie verſichert wird, bei widrigem Winde und bei ſtarkem Geräuſche der Brandungen des Meeres an der Küſte, woſelbſt der Verſuch gemacht wurde. Und der Pater Kircher ſoll durch ſein Sprach-Rohr, deſſen Form mir nicht bekannt iſt, Perſonen, welche fünf Italiäniſche Meilen (1 Deutſche Meile) von ihm entfernt waren, und ihn deutlich verſtanden, zu ſich berufen haben. Von der Wirkung des ſo genannten Horns Alexanders des Großen erwähne ich hier nichts, weil, wie wir in dem erſten Zuſatze geſehen haben, die hiſtoriſche Wahrheit in Rückſicht dieſes Inſtruments problematiſch iſt. So viel wüſſten wir alſo von Seiten der Erfahrung, und lernten daraus, wie weit von einander entfernt die Stationen gelegt werden könnten, wenn man ſich in denſelben genau eben ſolcher Sprachröhre, als Morland und Kircher gehabt haben, bedienen wollte. Was giebt uns nun aber die Theorie für Hoffnung, im Fall wir den Vorſatz faſſten, uns auf noch größere Weiten wirkſamer Sprach-Röhre zu bedienen? Dieſe überzeugt uns, daß es an und für ſich im geringſten nicht unmöglich ſei, ſolche Sprach-Röhre zu verfertigen, welche den Schall der Worte in

einer weit ausgedehnten freien Ebene auf mehrere Meilen weit deutlich fortzuſenden dienen könnten. Aber ſie lehret uns auch zugleich, daß die Größe ſolcher Sprach-Röhre beinahe in der Progreſſion wächſ't, in welcher die Quadratzahlen der Wirkſamkeits-Weiten ſtehen. Hiernach müßte alſo ein Sprach-Rohr, welches zwei Meilen weit wirkſam ſeyn ſollte, faſt viermal ſo groß ſeyn, als dasjenige, welches nur auf die Weite Einer Meile brauchbar wäre; und für drei Meilen müßte ein ſolches Inſtrument gar faſt neunmal größer ſeyn. Da nun mit der Größe die Unbequemlichkeit des Gebrauches, die Unrichtigkeit der Ausarbeitung, ja ſelbſt die Koſtbarkeit ſolcher Sprach-Röhre zunehmen würden, ſo ſiehet man, wie bei der Ausführung ſo großer Inſtrumente dieſer Art die ſo eben erwähnten Punkte neue Ueberlegungen nothwendig machen und als Beſtimmungs-Gründe in der Wahl wichtig werden. Indeſſen erhellet doch nun, ſo wohl nach der Theorie als nach der Erfahrung, ſo viel: daß, man für den Abſtand der Stationen, in welchen die Sprach-Röhre aufgeſtellet werden, gar füglich drei Viertel, bis eine ganze Deutſche Meile rechnen könne, weil die zu ſolchen Weiten dienlichen Sprach-Röhre keine übermäßig unbequeme und koſtbare Größe haben dürften.

Was nun den andern Beſtimmungs-Grund für den zu wählenden Abſtand der Stationen betrifft, nämlich, die Beſchaffenheit der Erdfläche zwiſchen den Stationen oder das Lokale; ſo läſſet ſich im Allgemeinen über den Einfluß deſſelben nichts feſtſetzen. Es iſt nur offenbar, daß dieſer da iſt und daher Ueberlegungen erfordert, deren Reſultat ſein wird, daß ſich nicht auf der erſten beſten Stelle, welche beim erſten Anblick ſchicklich zu ſein ſcheinet, das Sprach-Rohr zweckmäßig werde hinſtellen laſſen; und daß auf einer beträchtlichen Strecke, in welcher man mit Sprach-Röhren telegraphiſch operiren will, die mehrern Stationen nicht alle gleich weit von einander angelegt werden können. Denn einzelne Hügel oder Berge, ganze Waldungen und einzelne Bäume, Thürme und Häuſer, und dergleichen Gegenſtände können der Fortſendung des Schalles auf eine oder die andere Weiſe hinderlich werden.

In dieſen Stationen nun mögen bei dem aufgeſtellten Sprach-Rohre ſich zwei Männer befinden, welche laut und deutlich ſprechen können, und ſich ſo einander im Dienſte ablöſen, daß jeder ſeine beſtimmten Stunden dabei hält, und beſtändig einer von ihnen vor dem Sprach-Rohre ſtehet oder ſitzet. Dieſer höret genau auf das,

was ihm aufgegeben oder vorgeſprochen, oder durch ein benachbartes Sprach-Rohr zugeſprochen wird, und ſpricht es ſogleich durch das ſeinige der nächſten Station zu.

Wenn auf ſolche Weiſe durch eine Reihe in Stationen aufgeſtellter Sprach-Röhre zwei ſehr weit von einander gelegene Oerter telegraphiſch mit einander verbunden ſind, dann wird erfordert, daß, um auf dieſem Wege eine Nachricht von dem einen der Oerter nach dem andern gelangen zu laſſen, alle Sprach-Röhre auf einerlei Weiſe, d. i. alle mit der Mündung nach dem Orte hin, dem die Nachricht mitgetheilet werden ſoll, zu gleicher Zeit geſtellet und gerichtet ſeyn. Iſt dieſes geſchehen, ſo wird von dem Manne vor dem erſten Sprach-Rohre das verabredete Signal, welches anzeigt, daß die telegraphiſche Operation vor ſich gehen ſoll, der nächſten Station zugerufen; von dieſer geſchiehet das nämliche ſogleich nach der dritten hin; von der dritten alsdann nach der vierten hin, u. ſ. w. Jetzt haben nun auf allen Stationen die Männer ihren Mund dicht vor des Sprach-Rohres Mund-Oeffnung liegen. Hierauf wird dem Manne auf der erſten Station die mitzutheilende Nachricht langſam vorgeſprochen, welche er dann ſogleich durch das Sprach-Rohr dem Manne in der zwei-

ten zuſpricht, welcher das nämliche dem Manne in der dritten, und dieſer das nämliche dem Manne in der vierten Station, u. ſ. w., thut. Auf dieſe Weiſe wird die gemeldete Nachricht von dem einen Orte nach dem andern hin, gleichſam wie in einem Lauffeuer, dictiret. In dieſem andern Orte nun, oder in der letzten Station, wird die empfangene Nachricht aufgeſchrieben und an die Behörde abgeſendet.

Soll nun umgekehrt von dieſer letzten Station nach jener erſten hin etwas gemeldet werden, wie z. B., wenn auf eine von dieſem Orte her gekommene Frage die Antwort gegeben werden ſoll, ſo müſſen die Sprach-Röhre alle insgeſammt in eine der vorigen entgegengeſetzten Richtung geſtellet werden. Auch zu dieſer Veränderung kann ein Signal verabredet werden, nach welchem, wenn es gegeben, man ſich auf allen Stationen ſogleich einrichtet. Uebrigens wird dann gerade eben ſo, als kurz zuvor angezeigt worden, verfahren.

Die Zeit, welche zu dieſer telegraphiſchen Operation erfordert wird, hänget von der Geſchwindigkeit ab, mit welcher der Schall ſich verbreitet oder fortpflanzet, von der Langſamkeit, mit welcher geſprochen werden muß, damit jeder Laut in der Ferne deutlich verſtanden werden

kann, und von der Länge der zu meldenden Nachricht. Was die Geſchwindigkeit betrifft, mit welcher der Schall ſich fortpflanzet, ſo iſt durch vielfältige Erfahrungen ausgemacht, daß man nicht zu viel rechnet, wenn man annimmt: der Schall werde als gleichförmig fortgehend betrachtet in jeder Secunde 1000 Fuß, alſo 500 Schritte, weit geführet. Hiernach würden 24 Secunden oder $\frac{2}{5}$ Minuten verfließen, während der Schall von einer Station zu der andern hin käme, im Fall beide 1 Deutſche Meile, oder 12000 Schritte, weit von einander lägen. Was aber die Langſamkeit betrifft, mit welcher um des deutlichen Verſtehens willen durch ein Sprach-Rohr geſprochen werden muß; ſo haben darüber angeſtellte Erfahrungen mich belehret, daß in jeder Minute 25 bis 30 einzelne Laute Statt finden können. Eine Nachricht, welche ſilben- oder buchſtabenweiſe mitgetheilet, 100 einzelne Laute enthielte, würde zu ihrem Ausſprechen durch das Sprachrohr höchſtens 4 Minuten Zeit wegnehmen. Man hat alſo die Menge der einzelnen Laute, welche in der auszuſprechenden Nachricht ſind, aufzufinden, und ſie durch 25 zu dividiren, um durch den Quotienten die Zahl der Minuten zu erfahren, welche, während daß die Nachricht durch das Sprachrohr geſprochen

wird, verfließen. Addiret man dann dieſe zum Ausſprechen nöthige Zeit zu der zum Fortpflanzen des Schalles nöthigen Zeit; ſo zeigt die Summe die ganze Zeit an, binnen welcher eine Nachricht von dem einen Orte nach dem andern hin mittelſt einer Reihe aufgeſtellter und zugleich gebrauchter Sprach-Röhre mitgetheilet werden kann. Geſetzt, z. B., es wären zwiſchen den beiden Oertern 50 Stationen, welche im Durchſchnitt zuſammen 45 Meilen betrügen. Auf dieſe 45 Meilen brauchet die Fortpflanzung des Schalles $\frac{2}{5} \cdot 45 = 18$ Minuten. Geſetzt ferner: die mitzutheilende Nachricht enthielte 200 einzelne Laute; ſo erfordert ſie zum Ausſprechen durch das Sprach-Rohr 8 Minuten. Alſo wird dieſe Nachricht jene 45 Meilen weit auf dieſe Weiſe in Zeit von $18 + 8 = 26$ Minuten, d. i. in nicht völlig einer halben Stunde mitgetheilet werden können.

So kurz auch dieſe Zeit iſt für die beträchtlichen Weiten, auf welche ſich Nachrichten mittelſt einer ſolchen Anordnung von Sprachröhren, als hier vorgeſchlagen worden, überbringen laſſen, ſo iſt ſie doch immer lang genug, ſo daß ſich der Zufall ereignen könnte, daß gerade zu gleicher Zeit von dem Ende A und von dem Ende B der Reihe von Sprachröhren Nachrichten mitgetheilt

werden ſollten. Alsdann wäre es möglich, daß ſich beide Nachrichten irgendwo in der Mitte der Reihe begegneten und eine Verwirrung veranlaßten, welche viel Zeit fruchtlos vergehen machte. Dieſe zu vermeiden, könnte unſtreitig es kein ſichereres und einfacheres Mittel geben, als die Zeit eines Tages, oder 24 Stunden, in eine beſtimmte Anzahl gleicher Abſchnitte einzutheilen, und feſtzuſetzen, daß gewiſſe Abſchnitte beſtimmt ſeyn ſollen, um von A nach B hin, und andere, um von B nach A hin, was zu melden iſt, zu melden. Hiedurch würden freilich bisweilen Nachrichten einige Stunden lang aufgehalten werden müſſen, ein Nachtheil, welcher mit allen telegraphiſchen Anordnungen verbunden iſt, und bei weitem nicht ſo beträchtlich, als derjenige, welcher zu beſorgen ſtände, wenn öftere Verwirrungen durch ſich begegnende Nachrichten bewirkt würden. Es wäre immer noch Gewinn genug, wenn Städte, welche ſo weit von einander entfernt ſind, als Berlin und Königsberg, täglich wenigſtens dreimal ſich Nachrichten melden könnten.

Um die zu meldenden Nachrichten geheim zu halten, müßten Chiffres und Schlüſſel dazu verfertigt werden; und dieſe würden ſich auf mehr als auf eine Art angeben laſſen. Diejenigen,

welche ſo beſchaffen wären, daß ſie eine leicht zu veranſtaltende Mannichfaltigkeit von Veränderungen zuließen, und der Kunſt des geſchickteſten Dechiffrirers räthſelvoll blieben, würden den Vorzug verdienen, und dieſer Vorzug würde um ſo größer ſeyn, wenn nach der Einrichtung ſolcher Chiffres ganze Silben, und noch beſſer ganze Worte, durch einzelne Laute ausgedrückt werden könnten.

Alles bisher geſagte wird hoffentlich hinreichend ſeyn, einen beſtimmten Begriff von der Möglichkeit, das Sprach-Rohr zu telegraphiſchen Abſichten anzuwenden, zu geben. Es enthält, wofern ich nicht irre, nichts, deſſen Ausführbarkeit nicht von ſelbſt einleuchtete. Aber eine ſolche telegraphiſche Anſtalt, bei welcher man ſich des Sprach-Rohres bediente, würde doch weſentlich von allen bisher angegebenen Telegraphen verſchieden ſeyn. Dieſe bedienen ſich durchgängig ſichtbarer Gegenſtände für die mitzutheilenden und weit hin zu meldenden Gedanken, und ſehr guter Fernröhre zur Wahrnehmung der in der Ferne gemachten Schrift-Zeichen. Wird aber das Sprach-Rohr angewendet, ſo fällt das Fernrohr und die eigene telegraphiſche Maſchine zur Darſtellung der Zeichen weg; und nun bedient man ſich hörbarer Gegenſtände, und zwar

artikulirter Töne, ſtatt der ſichtbaren, zu eben dem Zwecke. Dieſer weſentliche Unterſchied könnte alſo wohl einen verſchiedenen Namen für die telegraphiſche Anſtalt mittelſt der Sprach-Röhre verdienen und gewiſſermaßen nothwendig machen. Welcher aber würde nun hier ſich ſchicklicher empfehlen, als der gleichfalls aus dem Griechiſchen entlehnte: Telephon, oder Fernſprecher. Es ſey mir alſo erlaubt, in der Folge dieſer Abhandlung mich dieſes Wortes der Kürze wegen für die hier vorgeſchlagene Anſtalt zu bedienen, und ſo den Telephon von dem Telegraphen, ob ſie gleich einen und eben denſelben Zweck haben, da ſie ihn durch ganz verſchiedene Mittel erreichen, zu unterſcheiden.

Hat man die Abſicht, einen ſolchen Telephon nur auf einige Zeit zu gebrauchen und verlangt daher, daß er mobil ſeyn ſoll, wie z. B. im Kriege; wo er für die Armeen dienen ſoll, welche ihre Läger verändern, wie es die Umſtände nöthig machen; ſo können die Sprach-Röhre bloß unter freiem Himmel aufgeſtellet, ein Gezelt daneben für die Leute aufgeſchlagen und eine Wache dabei gehalten werden. Man verändert alsdann mit leichter Mühe die Stationen, nach Erforderniß der Umſtände, die Sprach-Röhre werden alsdann ſo eingerichtet ſeyn müſſen, daß man ſie in

Stücken zerlegen und auf einen Wagen bequem aufpacken kann, auf welchem dann auch für ein leicht aufzuſchlagendes und gleichfalls in Stücke aus einander zu nehmendes Geſtell Platz ſeyn muß.

Soll aber der Telephon in einem Lande auf immer, und Jahr aus Jahr ein, in Krieges- und Friedenszeiten, gebraucht werden, ſo müſſen die Stationen deſſelben fixirt, und das Geſtell des Sprachrohres kann unbeweglich ſeyn. In dieſem Falle müſſen in den Stationen beſondere Telephon-Häuſer erbauet werden, in deren höchſtem Stockwerke das Sprachrohr drehbar aufgeſtellet und vor Regen und Schnee geſichert iſt; die untern Stockwerke könnten die Wohnungen derjenigen Leute enthalten, welche den Dienſt des Telephons zu beſorgen haben. Die Wände eines ſolchen Hauſes müſſen in dem Stockwerke, welches das Sprachrohr aufbewahret, Oeffnungen haben, in welche die Mündung des Sprachrohres genau hineinpaſſet, und welche mit Laden zum Verſchließen verſehen ſind.

Nachdem wir alſo die Einrichtung im Weſentlichen kennen gelernt haben, welche ſich einem Telephone geben ließe, ſo wird es leicht ſeyn, ſich die kleinern Details dabei nach Gutdünken zu

denken; und wir wenden uns demnach zur Erörterung einer andern Frage, nämlich:

2) Was für weſentliche Vortheile kann das Sprachrohr in der Telegraphie leiſten.

Es iſt für ſich einleuchtend und jezt auch durch die Erfahrung ausgemacht, daß ſichtbare Gegenſtände zu dem Zwecke, welche man mit dem Telegraphen hat, geheime Befehle und Nachrichten in wenig Minuten viele Meilen weit fort zu melden, ſo lange brauchbar ſind, ſo lange die Luft heiter und helle iſt. Wenn aber Nebel und Heer-Rauch die Luft anfüllen, Regen und Schnee fället; dann muß man gänzlich auf den Gebrauch ſichtbarer Zeichen Verzicht thun. Und überdem erfordern dieſe auch des Nachts eine andere, mit neuen Koſten verbundene Veranſtaltung: Illuminationen, welche aber auch nur dann ihre Dienſte leiſten, wenn die Luft zwiſchen den Stationen, in welchen die telegraphiſchen Maſchinen aufgeſtellt ſind, die Nacht hindurch rein und durchſichtig iſt.

Von Tönen hingegen behauptet man, vermöge der Erfahrungen, auf welche man ſich beruft, daß ſie, bei allen Zuſtänden der Witterung, ohne beträchtliche Verminderung der Stärke und der Deutlichkeit gehöret werden können. Ueberdem thun ſie des Nachts ihre Wirkung nicht minder

und nicht anders, als bei Tage; ja, wegen der alsdann allgemeinen Stille in der Natur, noch beſſer, ohne deshalb eine beſondere, die Koſten vermehrende Anſtalt nothwendig zu machen.

Erwägt man dieſes, ſo ſcheinet es, als verdiene, in Rückſicht auf weſentliche Brauchbarkeit, das Sprachrohr unter den telegraphiſchen Mitteln, oder der Telephon vor dem eigentlichen Telegraphen, den Vorzug. Denn was kann uns eine noch ſo ſcharfſinnig ausgedachte künſtliche und koſtbare telegraphiſche Anſtalt helfen, wenn ihr Gebrauch ſich lediglich auf die Zeit, da die Luft rein und helle iſt, einſchränket, und wir uns derſelben nicht täglich, wenn wir ihrer bedürfen, bedienen können? Und wie mühſam wird dieſer eingeſchränkte Gebrauch, wenn man die des Nachts anzuſtellenden Operationen nicht ohne eine neue umſtändliche Vorrichtung unternehmen kann?

Hiezu kommen aber noch andere Betrachtungen, welche den Gebrauch des Sprachrohrs in der Telegraphie gleichfalls empfehlen.

Wenn es ein Erforderniß jeder practiſchen Anſtalt, von welcher man Beſtand hoffet, iſt, daß ſo wohl zur Anlage, als auch zur Unterhaltung derſelben nur ein mäßiger Koſten-Aufwand erfordert werde, welcher ſich zu den Erſparun-

ſparungen oder Einkünften, zu welchen die Anſtalt Gelegenheit giebet, ſo verhält, daß er dieſe nie erſchöpfet, vielmehr ihnen, Jahr aus Jahr ein, einen anſehnlichen Ueberſchuß verſtattet; wenn ferner die in einer ſolchen Anſtalt angewendeten Inſtrumente von der Art und Beſchaffenheit ſind, daß ſie öfterer Ausbeſſerungen eben nicht bedürfen, und ſelbſt dieſe Ausbeſſerungen leicht und nicht ſehr künſtlich ſind; wenn endlich eine ſolche Anſtalt noch dadurch ſehr gewinnet, daß die Inſtrumente, durch welche ſie beſtehet, mittelſt eines leichten Manövers gebraucht werden können; ſo ſcheinet es, als könne man in allen dieſen Rückſichten dem Telephone weder die leichte Ausführbarkeit, noch die vorzugsmäßige Brauchbarkeit abſprechen.

Denn hätte ich hier den Auftrag zu befolgen, einen detaillirten Plan zur ſpeciellen Ausführung der hier gethanen Vorſchläge in irgend einem großen Reiche zu entwerfen; ſo ſollte es mir nicht ſchwer werden, durch einen ausführlich ſpecificirten Koſten-Anſchlag darzuthun, daß bei einer gehörig zu machenden Benutzung eines Telephons derſelbe dem Staate noch ein Anſehnliches mehr einbringen muß, als nicht allein die Zinſen von dem zur Anlage verwendeten Kapitale betragen, ſondern auch die zur Unterhaltung der Anſtalt

für Beſoldungen, Reparaturen, Verbeſſerungen, u. d. gl. aufzuwendenden Ausgaben erfordern. Und, wenn dieſes vielleicht dieſem und jenem nicht ſo einleuchtend ſcheinet, weil er nicht mit mir dieſelben Ideen hat; ſo iſt doch gewiß ſo viel unläugbar: daß die Anſchaffung guter Sprachröhre nicht ſo koſtbar ſeyn kann, als die Anſchaffung guter Fernröhre, daß bei jenen in einer großen Reihe von Jahren es nichts auszubeſſern geben wird, daß ſie keinen ſo behutſamen und vorſichtigen Gebrauch als die Fernröhre erfordern, daß, wenn ſie Schaden gelitten haben, auf eine ſehr leichte und wohlfeile Weiſe dieſem abgeholfen werden kann, und daß zum Operiren mit denſelben keine Menſchen von beſonderer Geſchicklichkeit nöthig ſind, indem ſelbſt invalide Soldaten, welche der Staat doch ernähren muß, wenn nur Bruſt und Zunge noch valide ſind, dazu gebraucht werden können.

Aber, wenn vielleicht mehrere hier ſo eben genannte Vortheile von der Art ſind, daß der Telephon ſie mit manchem eigentlichen Telegraphen gemein hat; ſo giebt es doch noch einen weſentlichen Vortheil, welchen das Sprachrohr in der Telegraphie zum allgemeinen Nutzen des Publikums ausſchließlich zu leiſten fähig iſt; und dieſer iſt folgender. Da durch das Sprachrohr

die menſchliche Stimme verſtärket und auf größere Weiten hörbar gemacht wird, ſo läſſet ſich mit der Erreichung der Haupt-Abſicht, zu welcher ein Telephon angelegt worden, recht wohl die Neben-Abſicht verbinden, daß er zu einem allgemeinen Landes-Herold diene, durch welchen in dem ganzen Landes-Striche, in welchem er ſich befindet, ſo wohl, als auch in den nahe um die einzelnen Stationen herum liegenden Oertern alle öffentliche Bekanntmachungen geſchehen, als die Ausrufung der obrigkeitlichen Befehle, der feſtgeſetzten Termine zu öffentlichen Auctionen, Verpachtungen und Verkäufe, großer Diebſtähle, u. ſ. w. Alle dergleichen das Publikum intereſſirende Nachrichten, welche jetzt auf dem Wege der Intelligenzblätter, oder durch Straßen-Ausrufer, bekannt gemacht werden, würden kürzer und ſchneller durch den Telephon ſich verbreiten laſſen. Auf dieſe Weiſe erhielte die Anſtalt nicht allein eine ausgebreitetere Nutzbarkeit, ſondern gewönne auch durch ſich ſelbſt einen beträchtlichen Theil der zu ihrer Unterhaltung erforderlichen Mittel: gewiß ein doppelter ſolider Vortheil, welcher dadurch noch größer gemacht werden könnte, daß der Staat auch Privat-Perſonen an der Benutzung des Telephons für die Ferne, gegen zu erlegende Gebühren, Antheil nehmen ließe;

indem es ihnen verſtattet würde, durch denſelben ihren entfernten Freunden und Bekannten Nachrichten, welche dieſe bald erfahren ſollten, mitzutheilen, eine Erlaubniß, welche von den Reichen nicht ſelten benutzt und dem Kaufmann insbeſondere angenehm und nützlich werden würde.

Nach ſo viel erkannten Vortheilen aber, zu welchen die Anwendung des Sprachrohres in der Telegraphie Hoffnung machet, entſtehet natürlich, da keine einzige Anſtalt in der wirklichen Welt ohne Ueberwindung von Schwierigkeiten ausgeführet werden kann, die Begierde zu wiſſen, mit welchen Schwierigkeiten die Anlage eines Telephons verbunden ſein könne. Auch hievon muß ich zur Vollſtändigkeit meiner Abhandlung nun noch meine Gedanken mittheilen, und folgende Frage aufwerfen:

3) Was für Hinderniſſe können die Anwendung des Sprachrohrs in der Telegraphie erſchweren, und wie laſſen ſich dieſe heben?

Indem ich dieſe Frage zu beantworten mich bemühe, kann es leicht geſchehen, daß ich manches der möglichen Hinderniſſe übergehe: denn, da noch kein Verſuch dieſer Art, weder im Großen noch im Kleinen, gemacht worden iſt, und die Hinderniſſe ſich am meiſten und deutlichſten erſt bei der wirklichen Ausführung zeigen; ſo laſ-

ſen ſich dieſe im Allgemeinen wohl denken, aber diejenigen, welche irgend einen beſondern Umſtand zu ihrer Veranlaſſung haben, können ſich leicht vor unſerm Nachdenken verbergen. Ich muß daher mit jedem, dem meine in dieſer Abhandlung geäußerten Gedanken und Vorſchläge zu gefallen das Glück gehabt haben, wünſchen: daß irgend ein großer Herr, oder ein reicher Liebhaber der phyſikaliſchen Kenntniſſe, mich, oder einen andern Phyſiker von Profeſſion, in den Stand ſetzen möchte, die Ausführbarkeit der gedachten Vorſchläge durch Verſuche im Großen näher prüfen zu können; oder auch, daß es irgend einer Akademie der Wiſſenſchaften wichtig genug ſcheinen möchte, die Idee eines Telephons zum Gegenſtande ihrer theoretiſchen Unterſuchung nicht allein, ſondern auch ihrer practiſchen Verſuche, zu wählen. Bloß durch dergleichen Verſuche im Großen wird es ausgemacht werden können, ob es dem gemeinen Weſen zuträglich ſein werde, ein ſo nützliches Werkzeug, als das Sprachrohr iſt, zum öffentlichen Dienſt der bürgerlichen Geſellſchaft anzuwenden, es zu dieſem Zwecke zu vervollkommnen, und als ein ſo wirkſames Mittheilungs-Mittel menſchlicher Gedanken zum Werkzeuge einer leichtern und ſchnellern Ausbreitung menſchlicher Cultur zu machen.

Eins der erſten Hinderniſſe, an welche man zunächſt zu denken veranlaßt wird, könnte der Einfluß der Witterung auf die Wirkſamkeit des Sprachrohres ſein. Man kann befürchten, daß eine dünnere Luft den Schall nicht ſo weit und mit der Deutlichkeit fortzupflanzen dienen werde, als eine dichtere; daß ein der Richtung, in welcher geſprochen wird, entgegengeſetzt wehender Wind theils die Fortpflanzung des Schalles verzögern, theils die Stärke und Deutlichkeit deſſelben ſchwächen und vermindern werde; daß ein ähnlicher, obgleich minder beträchtlicher Einfluß von einem Querwinde, welcher die Richtung, in welcher geſprochen wird, ſenkrecht ſchneidet, Statt haben würde; daß auf den Feldern liegender hoher Schnee im Winter den Schall dumpfer machen; und daß fallender Regen und Schnee die Schwingungen der Luft, durch welche der Schall eben fortgepflanzet wird, zum Theil ſtören und dadurch der deutlichen und weiten Fortrückung des Schalles hinderlich ſein werde. Und dieſes alles läſſet ſich mit Grunde befürchten, da nicht allein eine deutliche Vorſtellung von der Art und Weiſe, wie der Schall durch die Luft fortgepflanzet wird, ſondern auch die Erfahrung uns dazu veranlaſſet. Man wird alſo allerdings bei der Anlage eines Telephons hierauf Bedacht nehmen, und

ſchon um dieſes Witterungs-Einfluſſes willen entweder die Stationen, in welchen die Sprachröhre aufgeſtellet werden, kürzer, als man vermöge der Wirkſamkeit der anzuwendenden Sprachröhre dürfte, machen, oder bei einer feſtgeſetzten Weite der Stationen darauf denken müſſen, den Sprachröhren eine ſolche Form, Materie und Größe zu geben, daß ſie auch bei der ihrer Wirkſamkeit nachtheiligſten Witterung die gewünſchten Dienſte zu leiſten vermögen; kurz: man müßte die Anordnung des Telephons allemal auf die ihm nachtheiligſte Witterung berechnen. Und um dieſes gehörig zu thun, müſſen allgemeine Reſultate aus Beobachtungen und Verſuchen zum Grunde gelegt werden können. Solche Reſultate aber fehlen uns bisher noch, und es bleibt dem mit Gelde unterſtützten Fleiße jetziger und künftiger Naturforſcher die Ehre aufbehalten, mit dergleichen Wahrheiten die Summe der Naturkenntniſſe des Menſchen zu vergrößern. So bald aber dieſe aufgefunden ſeyn werden, ſo wird es möglich ſeyn, dieſe Schwierigkeit, welche ſich von Seiten der Witterung der Ausführung eines Telephons entgegenlegt, mit Sicherheit zu überwinden. Ich ſage, mit Sicherheit; denn gründliche Ueberlegung, Nachdenken und Kenntniß deſſen, was man bisher über die Fortpflanzung des

Schalles auf eine gründliche Weiſe erfahren hat, werden auch ſchon jetzt denjenigen, welcher jenes Geſchäft auszuführen unternähme, ſo leiten können, daß er ſeinen Zweck, ohne öftere Veränderung der gemachten Anlagen, ziemlich gut zu erreichen hoffen darf. Freilich wird er bei ſeinen Anlagen noch nicht ſo ganz ins Klare ſehen können, und bei der Wahl ſeiner Mittel meiſtentheils nur einem glücklichen Tappen ſich überlaſſen müſſen, ein Loos, welches den Practiker beinahe in allen Fächern der Kunſt mehr oder minder trifft.

Ein anderes Hinderniß würde ſeyn, daß, wenn in der Nachbarſchaft einer Station ein lautes Getöſe zu der Zeit, wenn man das von der benachbarten Station Zugeſprochene hören müßte, erregt würde, dieſes verurſachen könnte, daß man jenes entweder gar nicht, oder nur zum Theil verſtände. Wegen dieſer Schwierigkeit dürfte alſo eine Station des Telephons nicht in Oerter gelegt werden, deren Nachbarſchaft von ſolchem Getöſe nicht frei iſt und auch nicht frei gemacht werden kann. Man ſiehet aber, daß dieſes Hinderniß ſich wohl meiſtentheils würde ohne andere Unbequemlichkeit überwinden laſſen. Bloß dem von einem heftigen Winde, oder einem Orkane, herrührende Getöſe würde ſchwerer auszuweichen ſein. Indem dieſer durch die Luft heulet, an den

Ecken

Ecken des Gebäudes, in welchem das Sprachrohr ſtehet, vorbei pfeifet, und in die Muſchel unſers Ohres hineinbrauſet, würde uns manches aus der Ferne zugeſprochene Wort entgehen können. Und in wie fern ſich dieſem Mangel abhelfen ließe, ſo wie auch ſelbſt, wie groß dieſer Mangel ſei, müßte gleichfalls durch Verſuche näher beſtimmt werden.

Eine dritte Schwierigkeit könnte der laute Schall, welchen das Sprachrohr ſelbſt hervorbringet, verurſachen. Die in der Nachbarſchaft einer Station wohnenden Menſchen würden dadurch erſchreckt und des Nachts in ihrer Ruhe und ihrem Schlafe geſtört werden. Eine Schwierigkeit, welche freilich gänzlich nicht gehoben werden kann, ſich aber dadurch ſehr vermindern ließe, daß man die Stationen des Telephons nicht zu nahe an von Menſchen bewohnten Oertern, und beſonders außerhalb der Ringmauern der Städte und des Umfanges der Dörfer anlegte. Gleichwohl ließe ſich hoffen, daß die Menſchen ſich mit der Zeit an das neue Getöſe, welches die Sprachröhre verurſachen, gewöhnen würden, und daß dieſes ihrer Ruhe und ihrem Schlafe endlich eben ſo wenig hinderlich ſeyn möchte, als gegenwärtig das Abrufen der Nachtwächter dicht unter den Fenſtern der Schlafgemächer, das Bellen der Hunde auf den Straßen und Höfen, das Blaſen

vorbeifahrender oder reitender Poſtillione, und das Läuten der Glocken in den Frühſtunden.

Noch ein unangenehmes und dem Telephon widriges Ereigniß würde im Winter das Schneegeſtöber ſeyn. Es läſſet ſich nämlich befürchten, daß alsdann der Wind den Schnee in die Mündung des Sprachrohres hineinwehen und dieſer ſich daſelbſt anhäuten würde, wodurch begreiflich daſſelbe in ſeiner Wirkſamkeit außerordentlich beeinträchtigt werden müßte. Der Fall würde vornehmlich dann ſein, wenn der Wind der Richtung, in welcher durch das Sprachrohr geſprochen werden ſollte, entgegenwehete. Dieſem Uebel aber abzuhelfen, würden gehörig lange Beſchirmungen, welche ſich vor der Mündung des Sprachrohres anbringen ließen, ſehr gute Dienſte leiſten.

Andere Hinderniſſe, welche ihren Grund zum Theil in dem Muthwillen und der Bosheit der Menſchen haben, übergehe ich, da dieſe durch Geſetze und Wachſamkeit der Polizei zu überwinden allemal in unſerer Gewalt ſein würde.

Ich beſchließe dieſen Aufſatz mit einer Nachricht von einem ältern Vorſchlage zu einem Telegraphen, welcher im Weſentlichen mit dem Franzöſiſchen Telegraphen des Herrn Chappe übereinkommt, wenigſtens die Grund-Idee davon unausgebildet enthält. Mir iſt nicht bekannt, daß dieſe Nachricht von denen, welche neuerlich Bei-

träge zur Geſchichte der Telegraphie geliefert haben, mit ſei erwähnt worden. Ich fand ſie in Caſpar Schotts Technica curioſa. Norimbergae, 1666. im VIIten Buche, welches mirabilia graphica, ſive nova aut rariora ſcribendi artificia enthält, im VIten Kapitel, welches die Ueberſchrift führet: De Cryptographia, ſeu occulta ſcriptione nonnulla, etwas von der geheimen Schreibekunſt. In dieſem erzählet Schott unter andern:

Einer ſeiner Correſpondenten, welchen er aber nicht nennet, habe ihm gemeldet: Es ſei ihm ein zuverläſſiges Mittel eingefallen, binnen höchſtens zwei Stunden eine kurze nur aus wenigen Sätzen beſtehende Nachricht (mit einer längern würde es auch nicht unmöglich ſeyn) auf eine ſehr weite Entfernung, z. B. aus Deutſchland (wahrſcheinlich aus Würzburg, wo Schott lebte,) nach Rom, fort zu melden, aber freilich nicht ohne Aufwand von Koſten. Auf Schotts Verlangen habe dieſer Correſpondent nachher in einem andern Briefe ſich ſo über ſeine Erfindung ausgelaſſen:

„Kein Sinn hat einen größern Wirkungs-Kreis als das Geſicht. Dieſer kann, wenn er durch gehörige Hülfsmittel unterſtützt wird, außerordentliche Dinge durchdringen. Es ſei z. B. zu Mainz eine Anhöhe, ein Berg, A

A   B   C   D
|———————|———————|———————|

auf dieſen Gipfel errichte man fünf ſehr lange

Bäume, Maſtbäume. An der Spitze jedes Baumes befinde ſich eine einfache Rolle, über welche ein Seil gezogen werde; an deſſen einem Ende werde irgend ein Merkmahl, als ein Baum-Aſt, oder ein Bund Heu, ein Bündel Stroh, u. d. angebunden, von der Größe, daß man mittelſt eines vorzüglich guten optiſchen Tubus fünf bis ſechs Deutſche Meilen weit von einer andern Anhöhe aus, z. B. einem Berge in B, jedes dieſer Merkmahle, wenn es bis zur Spitze des Baumes hinaufgezogen worden, ſehen und unterſcheiden kann. Auf dieſem zweiten Berge mache man eben die Vorrichtung, wie auf dem erſten, und ſo auf mehrern folgenden Zwiſchenbergen, welche insgeſammt ſechs bis ſieben Meilen von einander entfernt und in gerader Linie liegen. In jeder dieſer Station A, B, C u. ſ. w. befinde ſich ein Menſch, mit einem guten optiſchen Tubus verſehen. Um nun mittelſt dieſer Veranſtaltung eine geheime Nachricht von A nach D zu melden, iſt es hinreichend, wenn die beiden in A und D befindlichen Perſonen, welche ſich die Nachrichten melden wollen, über die Art und Weiſe der Bezeichnung übereingekommen ſind; die übrigen Zwiſchen-Operateurs und Beobachter brauchen nur nachzumachen, was ſie auf den nächſten Stationen vormachen ſehen, ohne um die mitzutheilenden Gedanken zu wiſſen. Es müſſen daher die beiden Kryptographen (Telegraphen heißen ſie neuer-

lich) in A und D gemeinſchaftlich eine viereckte Tafel beſitzen, deſſen jede Seite in fünf Abſchnitte, alſo die ganze Tafel in fünf und zwanzig Fächer getheilet wird. In dieſe Fächer können die Buchſtaben des Alphabets, wie beiſtehende Figur zeiget, eingeſchrieben werden:

A	B	C	D	E
F	G	H	I	K
L	M	N	O	P
Q	R	S	T	V
W	X	Y	Z	

Nun muß feſtgeſetzet werden, daß die Leute in den Stationen alle viertel Stunden aufpaſſen, und durch die Tuben beobachten, ob die Merkmahle in den benachbarten Stationen aufgezogen ſind, oder nicht. Wenn nämlich alle Merkmahle in der Mitte ſchweben, ſo iſt das ein Kennzeichen, daß nun eine kryptographiſche (telegraphiſche) Operation vorgehen ſoll; und dieſe gehet dann ſo vor, daß zu wirklichen Signalen eines Baumes Merkmahl gänzlich in die Höhe gezogen wird, während die übrigen in der Mitte ſchweben. Was dann in der erſten Station geſchiehet, wird auch, ſo bald es beobachtet worden, in der zweiten verrichtet, dann in der dritten, vier-

ten, u. ſ. w. bis zur letzten. Der Kryptograph wollte z. B. die Worte: Rex moritur mittheilen; ſo ſucht er in obiger Tabelle zuerſt den Buchſtaben R auf; da dieſer nun in der vierten horizontalen und in der zweiten verticalen Reihe ſtehet, ſo läßt er zuerſt das Merkmahl des vierten Baumes in die Höhe ziehen und allmählich wieder ſinken, ſogleich aber darnach das Merkmahl des zweiten Baumes eben ſo. Dieſe Operation geſchiehet nun auf allen folgenden Stationen bis ans Ende. So bald hier der Beobachter wahrnimmt, daß auf der vorletzten Station zuerſt des vierten Baumes und dann des zweiten Baumes Merkmahl aufgezogen iſt, ſo erſiehet er aus ſeiner Tabelle, daß ihm der Buchſtabe R gemeldet worden. Auf ähnliche Weiſe wird nun mit allen übrigen Buchſtaben der zu meldenden Nachricht verfahren. Es werden nämlich nach und nach paarweiſe die Merkmahle der Bäume ſo in die Höhe gezogen, wie folgende Zahlen andeuten:

4, 2 . 1, 5 . 5, 2 . 3, 2 . 3, 4 . 4, 2 . 2, 4 . 4, 4 . 4, 5 . 4, 2.

Mehr hierüber zu ſchreiben wird nicht nothwendig ſeyn für Ew. Hochwürden, wofern ich anders nicht in der Eile zu dunkel geweſen bin; ſollte dieſes ſeyn, werde Ew. Hochwürden ein anderes mal nähere Auskunſt geben. Die veränderten Operations-Weiſen des Nachts mit Fackeln und Laternen hiebei übergehe ich. Jngleichen die Kunſtgriffe, welche anzuwenden ſind, damit Niemand

aus den Signalen den Inhalt der Nachrichten entziffre; denn ich bin im Stande, ſtatt mit fünf Bäumen, nur mit zweien und ihren Merkmahlen dieſes alles zu leiſten, ſo daß es unmöglich ſeyn ſoll, hinter den Schlüſſel zu kommen.“

Zu dieſem Briefe, oder vielmehr dem in dieſem Briefe enthaltenen Vorſchlage macht nun Schott folgende Anmerkung:

Gedachter Vorſchlag läſſet ſich, theoretiſch betrachtet, als ausführbar gedenken; aber in der That wird es nicht ſeyn, inſonderheit, wenn die Oerter, welche auf dieſe Weiſe in geheime Correſpondenz treten, ſehr weit von einander und Länder dazwiſchen liegen, welche verſchiedene Landesherrn haben. Die Urſachen der daher entſtehenden Schwierigkeiten wird jeder ohne Mühe einſehen. Inzwiſchen in einem Reiche, welches nur unter einem Regenten ſtehet, wird er ſich leicht ausführen laſſen, aber ohne Fernröhre, ohne Maſtbäume, ohne Rollen und Seile; ſondern bei Tage durch Rauch, des Nachts durch Feuer oder Fackeln. In Sicilien und Neapel habe ich längs der ganzen Seeküſte auf mehrern Anhöhen Thürme oder Warten geſehen, auf deren jedem beſtändig Wächter wohnten. So bald einer von dieſen von ſeinem Thurme in der See ſich nähernde Schiffe oder Galeeren bemerkte, machte er bei Tage mit Rauch, bei Nacht mit Feuer ein Signal. So bald der nächſte dieſes wahrnahm,

machte er daſſelbe Signal. Das that wieder ein dritter, ein vierter, u. ſ. w., ſo daß in Zeit einer viertel Stunde alle an der See gelegene Städte von der Ankunft der Schiffe benachrichtigt waren. Unterdeſſen, da der zweite dem dritten, dieſer dem vierten, u. ſ. w. das Signal macht, macht der erſte, welcher zu ſignaliſiren angefangen hatte, ſo viel Signale mit Rauch, oder mit Feuer, als er Schiffe beobachtet. Eben dieſes machen ſogleich die übrigen nach; und ſo werden alle an der Küſte gelegenen Städte in derſelben Viertelſtunde nicht allein von der Ankunft der Schiffe, ſondern auch von der Zahl der ankommenden Schiffe benachrichtiget. Es könnte alſo nicht bloß in Sicilien und Neapel, ſondern auch in jedem andern Reiche, wo man eben ſolche Wacht- und Meldethürme errichtete, in ſehr kurzer Zeit von einem Orte zu einem andern einige Tagereiſen weit entlegenen die oben erwähnte Nachricht: Rex moritur, oder jede andere, wenn ſie nur aus wenig Worten beſtehet, gemeldet werden, wenn nämlich der Kryptologe in dem erſtern Orte nach dem erſten Signale, durch welches er bloß die Uebrigen aufmerkſam macht, zuerſt eben das Signal viermal, und dann zweimal machte; hienächſt nach einem Weilchen eben das Signal einmal, und dann fünfmal, wieder nach einem Weilchen eben das Signal fünfmal, und dann zweimal; u. ſ. f. Wenn nun zugleich die Wächter auf dem zweiten, dritten, vierten, u. ſ. Thürmen eben die Signale eben ſo machten, ſo würde an dem letzten Orte der zweite Kryptologe aus ſeiner Tabelle ohne allen Zweifel in ſehr kurzer Zeit erfahren, was man ihm gemeldet habe.

BSB MÜNCHEN

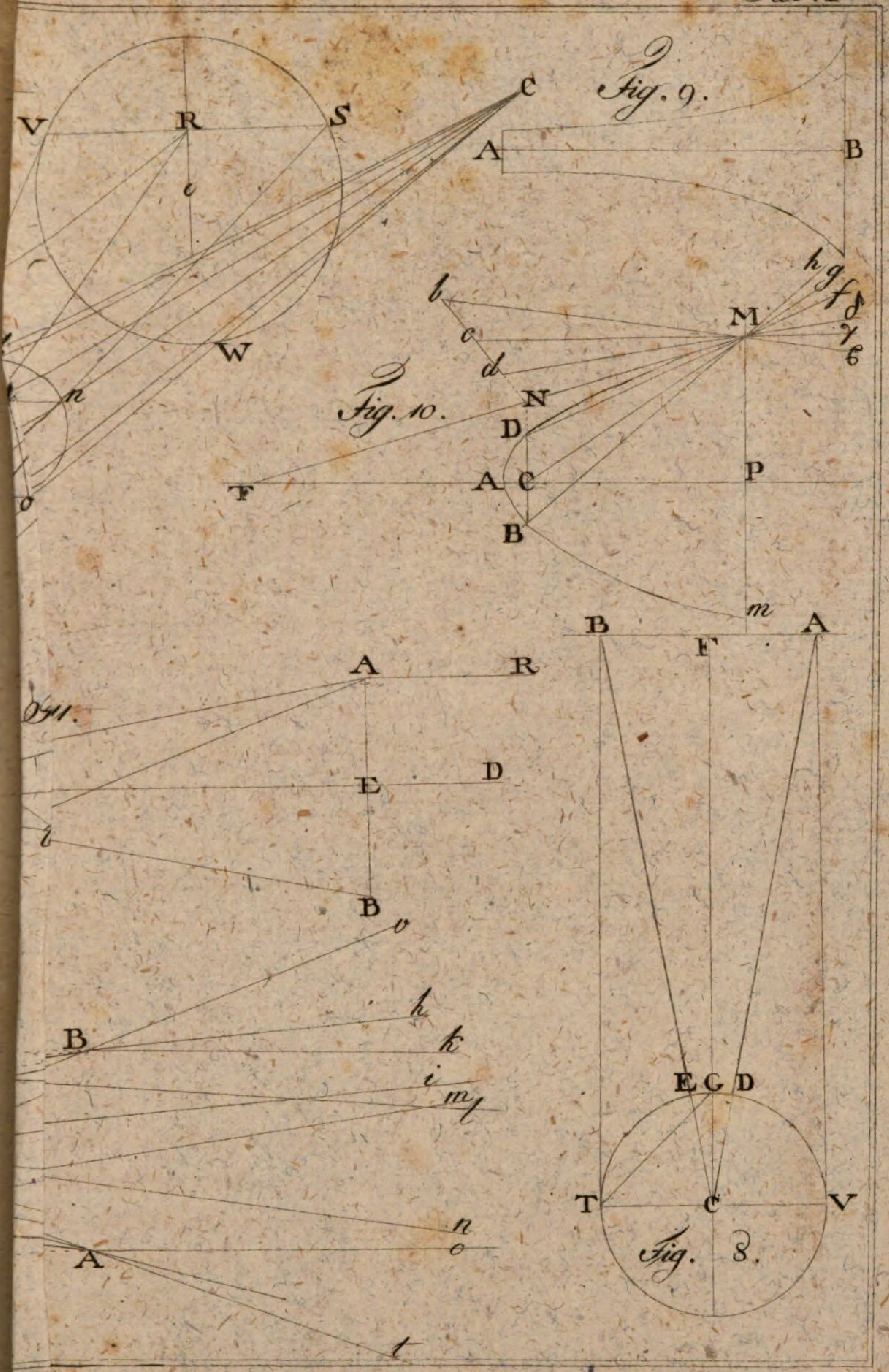
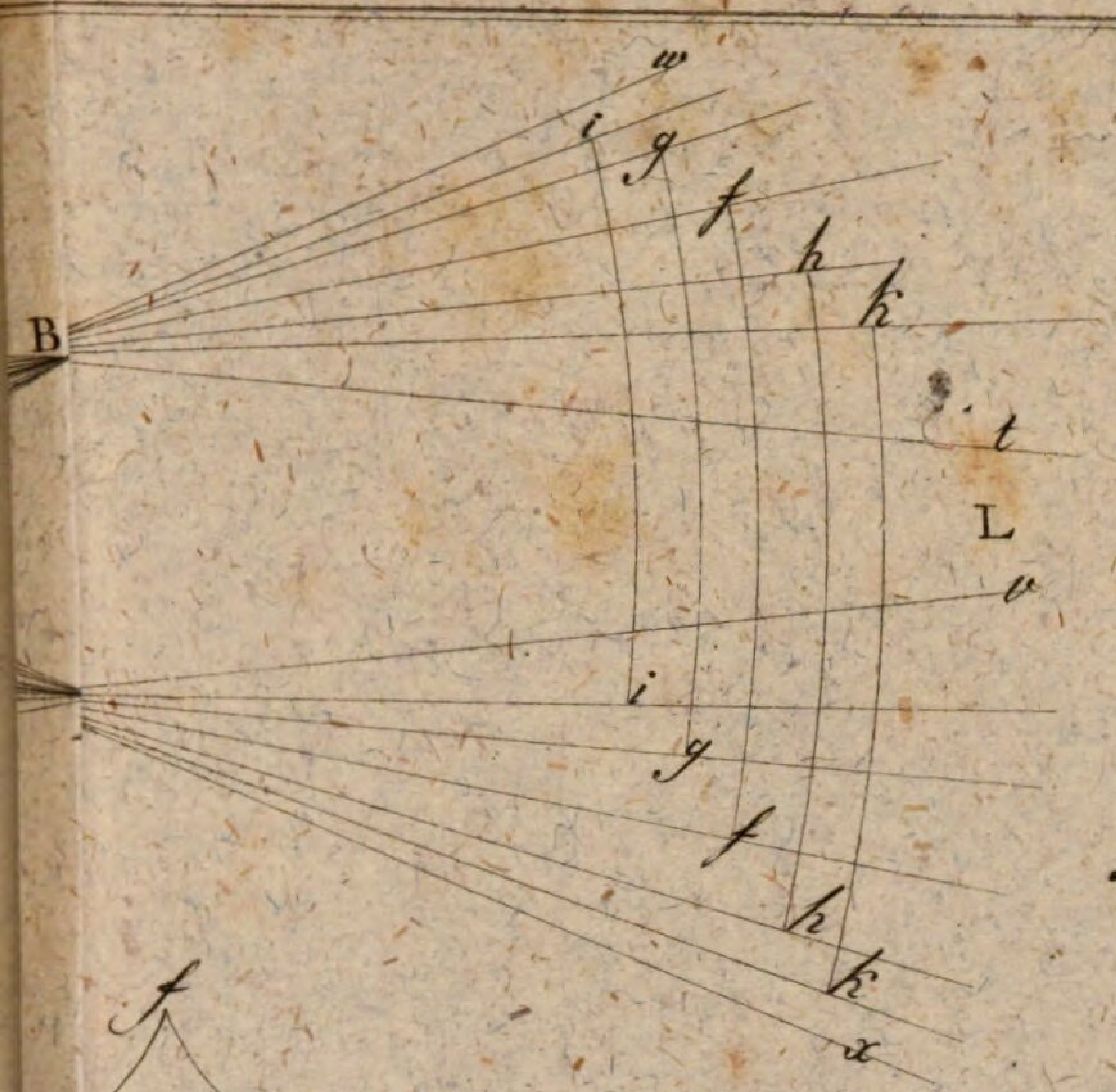


Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 8.
V R S C W n o A B M N D C P F b c d h g f m E G T V
A R E D B
B h k i m l n o A t



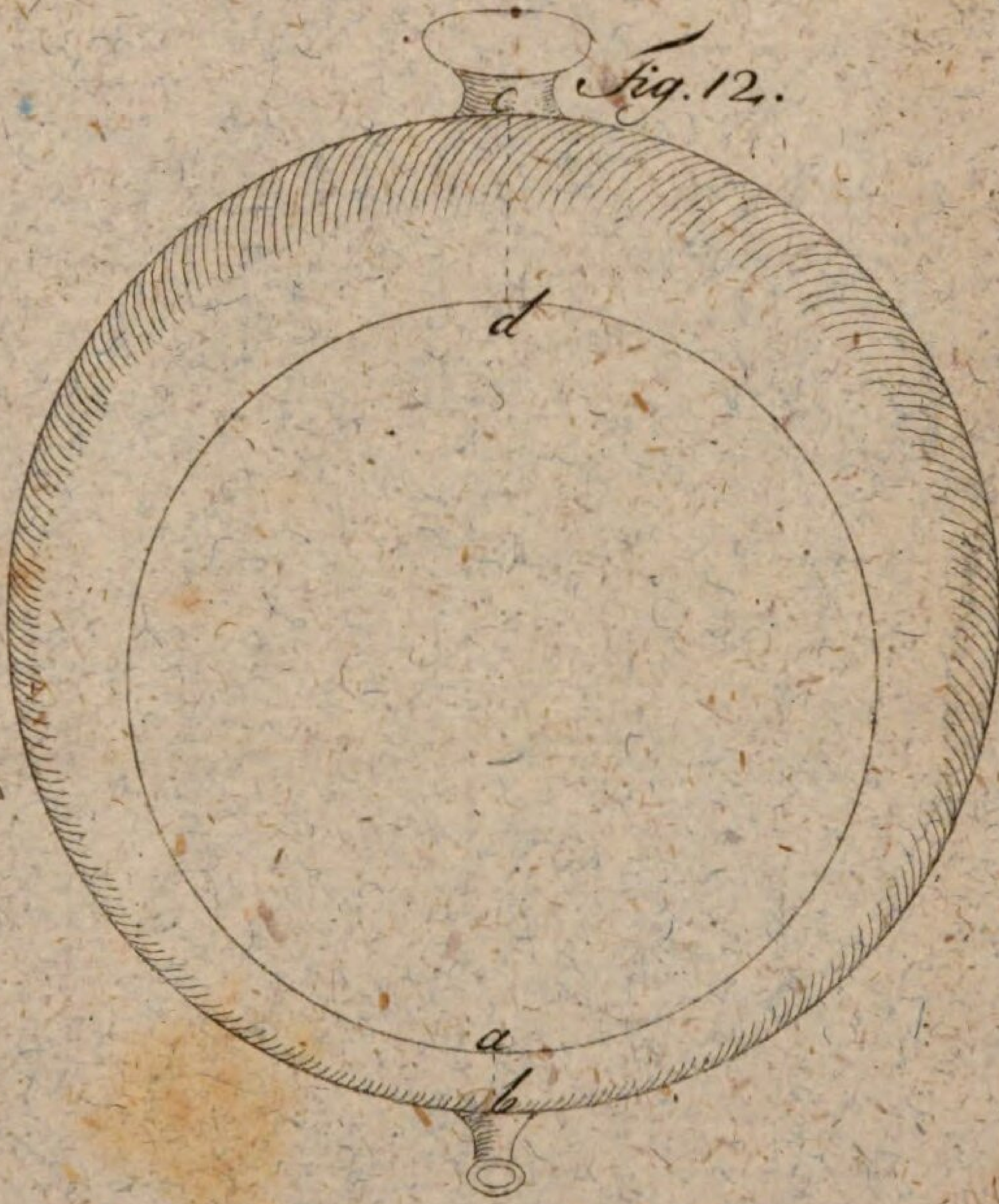


Fig. 12.

Fig. 13.

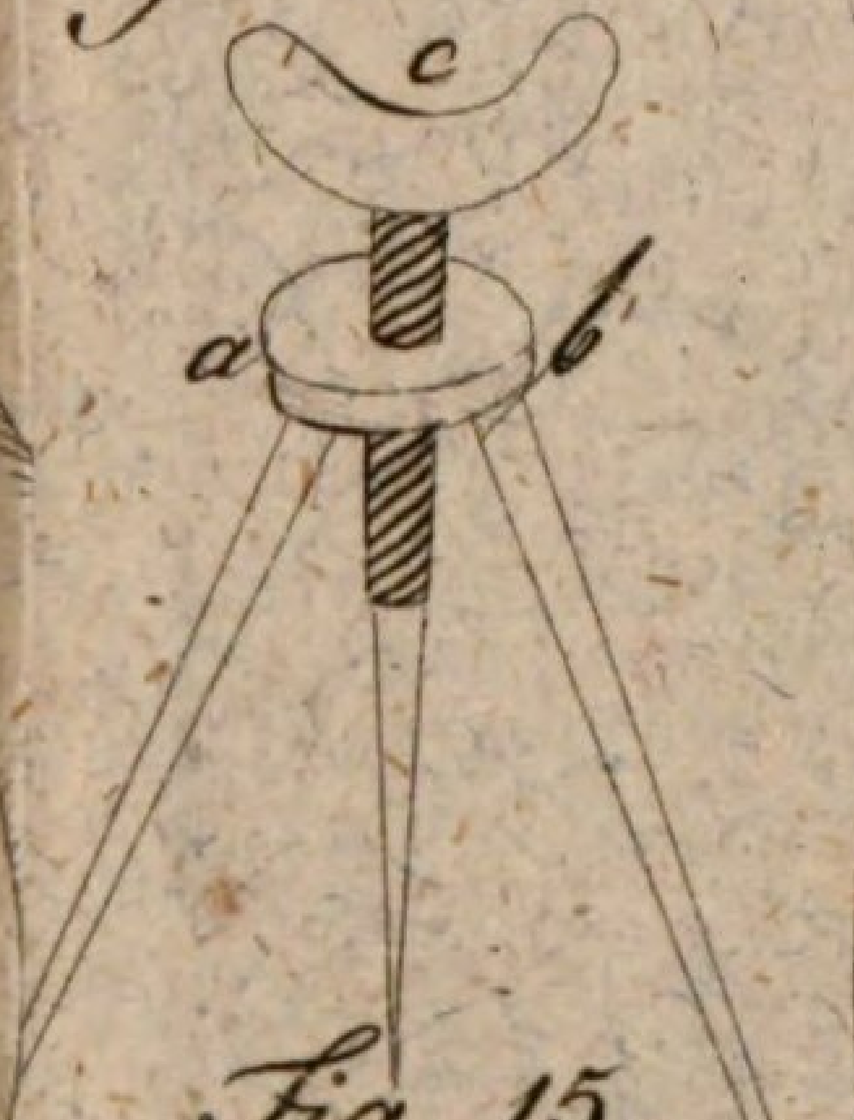


Fig. 15.

Fig. 16.

Lambert, Johann Heinrich,

J. H. Lamberts Abhandlung über einige akustische Instrumente Aus dem Franzö sischen übersetzt nebst Zusätzen über das so genannte Horn Alexanders des Großen, über Erfahrungen mit einem elliptischen Sprachrohre und über die Anwendung der Sprachröhre zur Telegraphie

Berlin 1796

Mus.th. 7354
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10600481-6
VD18 14869209